This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Stanford University Libraries
3 6105 000 649 751

A613

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXXII.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ZWEI UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST VIER KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1851.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ZWEI UND ACHTZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT ACHT UND FUNFZIGSTER.

NEBST VIER KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1851.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

111527

Inhalt

des Bandes LXXXII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Versuch zur numerischen Bestimmung der Stellung einiger Metalle in der Spannungsreihe; von R. Kohlrausch 1

II. Die Theorie der Farben dünner Blättchen; von E. Wilde. . 18

III. Ueber die diamagnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und den optischen Axen; von Plücker und Beer. 42

IV. Drei und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von M. Faraday 75

V. Eine Theorie des Diamagnetismus, Magnetismus des Wismuths, Erweiterung der Ampère'schen Theorie; von F. von Feilitzsch. 90

VI. Apparat zur Darstellung verschiedener Reactions-Erscheinungen; von C. Sondhauſs. 110

VII. Ueber das von Terpenthinöl und Zuckerlösungen auf die Wärmestrahlen ausgeübte Drehvermögen; von F. de la Provostaye und P. Desains. 114

Seite

VIII. Ueber den Versuch in Betreff der vergleichenden Geschwindigkeit des Lichts in Luft und in Wasser; von H. Fizeau und L. Breguet. 124

IX. Methode, die absolute Anzahl der Schwingungen gegebener Töne zu bestimmen; von A. F. Svanberg. 127

X. Ueber die Ursache der Farbenringe, die bei gewisser Krankhaftigkeit des Auges um leuchtende Gegenstände gesehen werden; von Wallmark. 129

XI. Ueber das Vorkommen des Smaragdo-Chalcits im Herzogthum Nassau; von F. Sandberger. 133

XII. Ueber Reduction durch Kohlenoxyd und einige damit zusammenhängende besondere Erscheinungen, namentlich beim Eisen; von K. Stammer. 136

XIII. Ueber eine neue Eigenschaft des Kohlenoxydgases; von F. Leblanc. 142

XIV. Neue Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Krystallform, der chemischen Zusammensetzung und dem Phänomene der drehenden Polarisation; von L. Pasteur. 144

XV. Ueber die Reflexion an Flüssigkeiten; von Jamin. 149

XVI. Ueber die Polarisation des von Glas reflectirten Lichtes; von E. Desains. 152

XVII. Notiz über die Abstände der kleinen Planeten. 154

XVIII. Versuche über die Zähigkeit der hauptsächlichsten schmiedbaren Metalle, gemacht bei den Temperaturen 0°, 100° und 200° C. von A. Baudrimont. 156

XIX. Ueber Ozon-Reaction in der atmosphärischen Luft; von G. Osann. 158

XX. Entgegnung. 160

(*Geschlossen am* 16. *Januar* 1851.)

Zweites Stück.

Seite

I. Untersuchungen über die Vertheilung der mittleren Jahrestemperatur in den Alpen; von Hermann Schlagintweit. 161

II. Ueber den Sättigungspunkt der Elektromagnete; von J. Müller 181

III. Die Theorie der Farben dünner Blättchen; von E. Wilde (Schluſs). 188

IV. Ueber die Drehung der Polarisationsebene des Lichts durch den galvanischen Strom; von H. Wiedemann. 215

V. Drei und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von M. Faraday (Schluſs) 232

VI. Bemerkungen über die Kräfte, welche durch Vertheilung magnetisirte ferromagnetische und diamagnetische nicht krystallinische Substanzen erleiden; von W. Thomson. 245

VII. Ueber das Verhalten des Dampfes bei der Ausdehnung unter verschiedenen Umständen; von R. Clausius. 263

VIII. Ueber den theoretischen Zusammenhang zweier empirisch aufgestellten Gesetze über die Spannung und die latente Wärme verschiedener Dämpfe; von Demselben. 274

IX. Ueber die totale Reflexion; von J. Jamin. 279

X. Ueber die vielfachen Bilder eines Gegenstandes, der zwischen zwei gegen einander geneigten ebenen Spiegeln befindlich ist; von A. Bertin. 288

XI. Ueber die Erscheinungen an einem Wasserstrahl; von J. Tyndall. 294

XII. Ueber die Zusammensetzung des Wismuthoxyds und das Atomgewicht des Wismuths; von R. Schneider. 303

XIII. Das St. Elmsfeuer; von F. Piper 317

XIV. Faraday's neueste Arbeiten im Gebiete der Elektricitätslehre. 327

XV. Ueber einige Phänomene der gezwungenen Ausdehnung der Flüssigkeiten; von M. Berthelot 330

XVI. Die erste Idee zum elektrischen Telegraphen. 335

(*Geschlossen am* 17. *Februar* 1851.)

Drittes Stück.

Seite

I. Messungen galvanischer Leitungswiderstände nach einem absoluten Maafse; von Wilhelm Weber. 321

II. Untersuchungen über die Vertheilung der mittleren Jahrestemperatur in den Alpen; von H. Schlagintweit (Schluſs). . . . 369

(Hierzu die als No. VIII, Bd. 81, St. 4. bezeichnete Tafel.)

III. Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau. 387

IV. Regenbogen nach Untergang der Sonne; von Chevallier. . . 406

V. Zur Erklärung der elektromotorischen Kraft der Grove'schen Kette; von R. Kohlrausch. 407

VI. Die elektroskopischen Eigenschaften der Thermokette; von Demselben. 411

VII. Neues Reflexionsphänomen; von A. Cauchy. 418

VIII. Einige Beobachtungen über das Absetzen aufgeschwemmter pulverförmiger Körper in Flüssigkeiten; von Th. Scheerer. . . . 419

IX. Beobachtungen an pleochromatischen Krystallen; von Beer. . 429

X. Ueber den allmäligen Kraftverlust der Magnete, mit besonderer Rücksicht auf die Bestimmung der Variationen der erdmagnetischen Intensität; von Lamont. 440

XI. Ueber die bewegende Kraft der Wärme; von C. Holtzmann. 445

XII. Ueber das Trübewerden des fehlerhaften Glases an der Oberfläche beim Erhitzen; von D. C. Splitgerber. 453

XIII. Beobachtung einer Wasserhose zu Schwedt am 30. Mai 1850; von Ph. Wessel. 455

XIV. Physikalischer Beweis von der Axendrehung der Erde mittelst des Pendels; von L. Foucault. 458

XV. Ueber die Schallschwingungen der Luft; von W. Wertheim. 463

(*Geschlossen am* 18. *März* 1851.)

Viertes Stück.

Seite

I. Ueber den Dolomit des fränkischen Jura und seine Bildungsweise; von F. Pfaff. 465

II. Ueber die bei der Destillation des Holzes sich erzeugenden flüchtigen Oele, welche leichter als Wasser sind; von C. Völckel. . 496

III. Zur Geschichte des Leidenfrost'schen Phänomens. 510

IV. Ueber die Pseudomorphosen des Serpentins von Snarum und die Bildung des Serpentins im Allgemeinen; von G. Rose. . . . 511

V. Ueber die Natur des Ozons; von G. Osann. 531

VI. Ueber den Ozon-Sauerstoff; von Demselben. 537

VII. Ueber den Einfluſs des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von H. Rose. 545

VIII. Beiträge zur Kenntniſs eines *neuen metallischen Körpers*; von C. Bergemann. 561

IX. Ueber den Orangit; von A. Krantz. 586

X. Ueber die Anzahl der Bilder eines leuchtenden Punktes zwischen zwei geneigten ebenen Spiegeln; von W. Gallenkamp. . . . 588

XI. Beobachtungen von Irrlichtern; von J. G. Galle. 593

XII. Beschreibung einer Lochsirene für gleichzeitige Erregung mehrerer Töne; von H. W. Dove. 596

XIII. Ueber eine merkwürdige Blitz-Erscheinung; von J. P. Joule. 598

XIV. Merkwürdiges Wind-Phänomen 599

XV. Feuerkugel von grünem Licht 600

(*Geschlossen am* 18. *April* 1851.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Wilde, Fig. 1, S. 26; Fig. 2, S. 34; Fig. 3, S. 34; Fig. 4, S. 193; Fig. 5, S. 210. — Feilitzsch, Fig. 6, S. 107. — Sondhaufs, Fig. 7, S. 110; Fig. 8, S. 113. — Piper, Fig. 9, S. 320.

Taf. II. — Müller, Fig. 1, S. 185; Fig. 2 u. 3, S. 186. — Faraday, Fig. 4, S. 232. — Schneider, Fig. 5, S. 307. — Berthelot, Fig. 6, S. 333. — Joule, Fig. 7, S. 598. — Wessel, Fig. 8, S. 456; Fig. 9, S. 457.

Taf. III. — Bertin, Fig. 1, S. 291; Fig. 2 u. 3, S. 292; Fig. 4, S. 293. — Pfaff, Fig. 5, S. 471, auch das Kärtchen. — Gallenkampf, Fig. 6, S. 589; — Dove, Fig. 7, S. 596; Fig. 8, S. 597; Fig. 9, S. 597.

Taf. IV. — (Bezeichnet als Taf. VIII, Bd. 81, St. 4.) — H. Schlagintweit, S. 380.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von L. Wilhelmy, über die Einwirkung der Säuren auf Rohrzucker, Bd. 81.

Seite 418, Zeile 14 v. u. lies: Quote statt: Quantität.

Seite 500, Zeile 7 v. o. lies: $\frac{\mathrm{M}}{w}$ statt: $\frac{M}{w}$, überhaupt soll überall der eine Factor des Umwandlungs-Coëff. mit einem stehenden M bezeichnet seyn, so dafs man hat: $M = \frac{\mathrm{M}}{w} = \frac{m\overline{a^{\frac{s}{n}}}}{w}$.

S. 508, Zeile 3 v. o. lies: Dichtigkeits-Abnahme statt: Abnahme.

S. 510, Zeile 18 v. o. lies: M statt m.

S. 532, letzte Zeile lies: Ol. Bals. Copaivae statt: Bals. Copaivae.

Zum Aufsatz von R. Clausius:

Im Holzschnitt S. 270 ist die Fläche GHJ etwas weiter von der Ausflufsöffnung fort in das Innere des Gefäfses gerückt anzunehmen.

1851. ANNALEN No. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXII.

I. *Versuch zur numerischen Bestimmung der Stellung einiger Metalle in der Spannungsreihe;* von *R. Kohlrausch.*

§. 1.

Volta's Fundamentalversuch zeigt, dafs bei der Berührung zweier isolirter Metalle das eine mit positiver, das andere mit negativer freier Elektricität geladen wird. Man setzt eine Kraft voraus, welche an der Berührungsstelle die Elektricitäten trennt, welche jedoch, da sie bei den beiden selben Metallen immer nur dieselbe elektrische Spannung herbeiführt, als eine bestimmt begränzte Kraft angesehen wird. Sie soll im Folgenden mit dem Worte *elektrische Differenz* bezeichnet werden, doch mag es Verzeihung finden, wenn etwa der Abwechslung wegen weiterhin das im Sinne der Contact-Theorie gleich bedeutende Wort elektromotorische Kraft oder Triebkraft zuweilen sich einschleichen sollte.

Der Volta'sche Fundamentalversuch, mit verschiedenen Metallen unter sonst möglichst gleichen Umständen angestellt, scheint zu beweisen, dafs die elektrischen Differenzen der verschiedenen Metalle verschieden sind, und das von Volta supponirte Gesetz der Spannungsreihe fordert, dafs, wenn man irgend drei Metalle aus der ganzen Reihe herausgreift, die drei zwischen ihnen obwaltenden elektrischen Differenzen der Art sind, dafs die gröfste gleich der Summe der beiden anderen sey.

Man schliefst das unter andern daraus, dafs man einen Condensator, dessen Platten aus demselben Metalle bestehen, nicht dadurch zu laden vermag, dafs man die Platten blofs durch Metalle verbindet, diese mögen übrigens com-

binirt seyn, wie sie wollen; und dafs man, wenn die Platten des Condensators aus verschiedenen Metallen bestehen, jedesmal dieselbe Ladung bekommt, man mag die verbindenden Metalle noch so beliebig wählen.

Aehnliche Gründe für das Gesetz der Spannungsreihe lassen sich in Menge aufführen, doch wollen sie, wenn man so sagen darf, mehr negativ als positiv erscheinen; sie sind eigentlich Gegengründe gegen die Nichtexistenz des Gesetzes. Offenbar würde der directeste Beweis darin bestehen, dafs man auf dem Wege des Experimentes die elektrischen Differenzen der einzelnen Metalle in Zahlen ausdrückte und in diesen Zahlen die Bestätigung erblickte. Diefs ist der Weg, welcher in diesem Aufsatze betreten werden soll, weniger um das Gesetz der Spannungsreihe zu beweisen, an welchem doch Niemand zweifelt, als um die Stellung der Metalle in dieser Reihe näher kennen zu lernen.

Vorher sey indessen erlaubt, auf eine Arbeit des Hrn. Poggendorff [1]) hinzuweisen, welche den positiven Beweis des Gesetzes der Spannungsreihe für einen jeden Anhänger der Contacttheorie schon enthält. Hr. Poggendorff hat ein Gesetz bewiesen, welches er kurzweg das *elektromotorische* nennt, „nach welchem, wenn man sich die Metalle vom positivsten zum negativsten geordnet denkt und irgend drei aus der Reihe herausgreift, die elektromotorische Kraft, welche die beiden äufseren unter sich entwickeln, gleich seyn mufs der Summe der Kräfte, welche das mittlere mit jedem der äufseren in derselben Flüssigkeit hervorruft."

Wollen wir uns auf den Standpunkt stellen, der mir der richtigste zu seyn scheint, und die elektromotorische Kraft einer Kette als die algebraische Summe aller in ihr vorkommenden elektrischen Differenzen ansehen, so ist das Poggendorff'sche Gesetz sehr bald erklärt. Es wird aber dabei gut seyn, der Kürze wegen, ein Formzeichen für die elektrischen Differenzen zu gebrauchen, und da will ich bei dem bleiben, dessen ich mich schon früher bedient habe

1) Diese Ann., neue Folge, Bd. X., S. 60 f.

und zwischen die über einander gesetzten chemischen Zeichen der Körper, von deren Differenz die Rede ist, einen verticalen Strich machen. [1])

Nehmen wir nun irgend drei Metalle, z. B. Zink, Kupfer und Silber, welche mit derselben Flüssigkeit *F* zu drei Ketten zusammengesetzt sind und denken wir uns, diese Flüssigkeit wäre der Art, dafs jedes der Metalle durch ihre Berührung negativ erregt wird, so bestehen, wenn man vom positiven Metalle in der Richtung des Stromes die Erregungen aufzählt, die drei elektromotorischen Kräfte dieser drei Ketten aus folgenden Gröfsen:

Zink-Kupfer-Kette $+\mathrm{Zn}|\mathrm{F}-\mathrm{F}|\mathrm{Cu}+\mathrm{Cu}|\mathrm{Zn}=a$
Kupfer-Silber-Kette $+\mathrm{Cu}|\mathrm{F}-\mathrm{F}|\mathrm{Ag}+\mathrm{Ag}|\mathrm{Cu}=b$
Zink-Silber-Kette $+\mathrm{Zn}|\mathrm{F}-\mathrm{F}|\mathrm{Ag}+\mathrm{Ag}|\mathrm{Zn}=c.$

Addirt man die beiden linken Seiten der beiden ersten Gleichungen, so fällt $\mathrm{F}|\mathrm{Cu}$ aus dieser Summe weg und man bekommt die linke Seite der dritten Gleichung, sobald man nur $\mathrm{Cu}|\mathrm{Zn}+\mathrm{Ag}|\mathrm{Cu}=\mathrm{Ag}|\mathrm{Zn}$ setzen will. Dasselbe würde sich ergeben haben, wenn man angenommen hätte, das Silber z. B. würde durch Berührung mit der Flüssigkeit positiv. Alsdann hiefsen die Gleichungen:

$$+\mathrm{Zn}|\mathrm{F}-\mathrm{F}|\mathrm{Cu}+\mathrm{Cu}|\mathrm{Zn}=a,$$
$$+\mathrm{Cu}|\mathrm{F}+\mathrm{F}|\mathrm{Ag}+\mathrm{Ag}|\mathrm{Cu}=b,$$
$$+\mathrm{Zn}|\mathrm{F}+\mathrm{F}|\mathrm{Ag}+\mathrm{Ag}|\mathrm{Zn}=c,$$

und überhaupt tritt keine Veränderung in der aufgestellten Behauptung ein, man mag das Verhalten der Flüssigkeit zu den Metallen wählen wie man will.

1) Hr. Poggendorff hat sich des zwischen die Anfangsbuchstaben der Metalle gesetzten Minuszeichens bedient; ich möchte aber dieses letztere Zeichen lieber rein als Substractionszeichen behalten. Wenn wir die elektrischen Eigenschaften der Körper beim Contacte nicht blofs als einen Gegensatz erblickten, wenn wir sie als etwas absolutes, dem einzelnen Körper innewohnendes ansehen könnten, so würde der Gedanke möglich seyn, sie nach diesen Eigenschaften durch eine Reihe von Zahlen auszudrücken und dann dürfte zu obigem Zwecke das Minuszeichen wieder Platz greifen, weil es mit dem Subtractionszeichen gleichbedeutend würde.

Nun zeigen die directen Messungen der elektromotorischen Kraft, dafs allemal wirklich $a+b=c$ ist. Will man in diesen von Hrn. Poggendorff angestellten Messungen nicht einen directen Zahlen-Beweis des Gesetzes der Spannungsreihe erblicken, so mufs man aus den drei Gleichungen die letzten Glieder wegwerfen, d. h. sich auf den äufsersten Standpunkt der chemischen Theorie der Kette stellen und der Berührung der Metalle jeden Einflufs auf die Bildung der elektromotorischen Kraft absprechen. Uebrigens kommen wir der Kenntnifs von der Stellung der Metalle in der Spannungsreihe durch Hrn. Poggendorff's Versuche nur wenig näher, denn das sehr verschiedene Verhältnifs zwischen a, b und c, wenn bei denselben Metallen andere Flüssigkeiten gewählt werden, beweist zur Genüge, dafs ein bedeutender Theil der elektromotorischen Kraft eben von der Berührung mit der Flüssigkeit herrührt. Man erhält durch solche Versuche immer weniger Gleichungen als Unbekannte in ihnen vorkommen, so dafs die Rechnung uns im Stiche läfst.

A. Methode, die elektrischen Differenzen der Metalle ohne Anwendung von Flüssigkeiten zu vergleichen.

§. 2.

Will man die elektrischen Differenzen der Metalle ohne den störenden Zutritt der Flüssigkeiten studiren, so bleibt der Gebrauch der Magnetnadel ausgeschlossen und als Untersuchungsmittel nach unserem jetzigen Stande der Wissenschaft nur der Condensator mit dem Elektrometer übrig.

Wenn man aus den verschiedenen Metallen Condensatoren von genau gleichen Dimensionen und genau gleicher condensirender Kraft (gleicher Verstärkungszahl) construiren könnte, so würden die Ladungen, welche durch Verbindung der Platten mittelst eines in die Spannungsreihe gehörigen Körpers, also z. B. eines Drahtes, entständen, den elektrischen Differenzen der angewendeten Metalle proportional seyn, und ein hinreichend genaues Elektrometer würde dann diese Differenzen zu vergleichen vermögen.

Diefs ist der Weg, der bisher eingeschlagen ward, wenn man über den Gegenstand etwas erfahren wollte, doch hat man auf ihm wenig erreicht und es ist auf ihm schwerlich etwas einigermafsen genügendes zu erreichen. Die Elektricitäts-Quellen, um die es sich hier handelt, sind von so äufserst geringer Intensität, dafs die Condensatorplatten schon sehr nahe an einander gebracht werden müssen, wenn nachher von ihnen unsere trägen Elektrometer in Bewegung gesetzt werden sollen. So wenig Schwierigkeiten es nun auch hat, dieselben beiden Condensatorplatten bei den verschiedenen Versuchen durch eine gleich dünne isolirende Schicht von einander zu trennen, die condensirende Kraft also unverändert zu erhalten, so schwierig, ja fast unmöglich ist es doch, zwei verschiedene Condensatoren zu bauen, bei welchen diese Schicht genau dieselbe wäre.

Es ist aber nicht nöthig, dafs die condensirenden Kräfte der verschiedenen Condensatoren gleich sind, sondern man wird durch Rechnung zum Ziele gelangen, so bald man bei ihnen nur diese Kräfte kennt, oder, was schon hinreicht, ihr Verhältnifs weifs. Dieses letztere würde zu erreichen seyn, wenn man mit derselben ganz unveränderlichen Elektricitäts-Quelle alle die Condensatoren so zu laden vermöchte, dafs die verschiedene Natur der Platten auf die Ladung keinen Einflufs ausübte; denn dann besäfse man in der Stärke dieser Ladungen das vergleichende Maafs für die condensirenden Kräfte der verschiedenen Instrumente. Leider aber, und diefs ist in vieler Beziehung zu bedauern, giebt es keinen beim Contacte indifferenten Leiter, und so bleibt denn nichts übrig, als dadurch zum Ziele zu gelangen, dafs man die constante Elektricitäts-Quelle in zwei Combinationen so benutzt, dafs die aus der verschiedenen Natur der metallischen Condensatorplatten entspringenden Modificationen der Ladung eliminirt werden können. Diefs geschieht einfach und auf folgende Weise.

Verbindet man mit den Condensatorplatten eine Elektricitäts-Quelle *k* in der Art, dafs man den Pol, welcher positive El. liefert, durch in die Spannungsreihe gehörige

Körper mit der positiveren Platte, den anderen mit der negativeren verknüpft, so bekommt der Condensator eine Ladung, welche der Elektricitäts-Quelle $k+d$ entspricht, wenn d die elektrische Differenz der beiden Metalle vorstellt, aus denen der Condensator besteht. Verknüpft man aber in der umgekehrten Weise, so bekommt man eine Ladung, welche der Elektricitäts-Quelle $k-d$ [1]) angehört. Beide Ladungen sind, als an demselben Condensator entstanden, der Kraft ihrer Elektricitäts-Quellen proportional, also durch das Elektrometer vergleichbar. Würde mithin dieses für die erste Ladung den elektrischen Werth a, für die zweite den Werth b gegeben haben, so würde die Elektricitäts-Quelle k zu der elektrischen Differenz d sich verhalten wie $\frac{a+b}{2}$ zu $\frac{a-b}{2}$. Veränderte man die condensirende Kraft des Condensators, indem man den isolirenden Zwischenraum gröfser oder kleiner machte, so würde man natürlich zwei andere Zahlen a und b erhalten, das Verhältnifs $a+b$ zu $a-b$ würde jedoch immer dasselbe werden. Der berechnete Werth $\frac{a-b}{2}$ ist aufserdem einer Controle fähig, denn er mufs ebenfalls direct vom Elektrometer geliefert werden, wenn die Condensatorplatten unter Hinweglassung der Quelle k unmittelbar durch einen Draht verbunden werden. Würden diese beiden Werthe von d nicht übereinstimmen, so wäre dieses ein Beweis, dafs störende Einflüsse bei den Versuchen obgewaltet haben.

Es leuchtet ein, dafs es für diese Methode ganz gleichgültig seyn mufs welcher Natur die constante Elektricitäts-Quelle ist und dafs man sich einer Hydrokette, allerdings der einzigen hier brauchbaren Quelle, bedienen darf, ohne dafs der Einwand gemacht werden könnte, es seyen die elektrischen Differenzen der Metalle nicht rein für sich, sondern unter Hinzuziehung von Flüssigkeiten gefunden.

Vorausgesetzt nun, dafs man eine Elektricitäts-Quelle k

1) Man sieht, dafs es sich blofs um eine Veränderung der Form doch nicht der Sache handelt, wenn k kleiner als d seyn sollte.

besäfse, welche durch alle Zeiten dieselbe unveränderliche Kraft behält, so würde zu der ganzen Untersuchung nur gehören, dafs man in der bezeichneten Weise nach und nach die elektrischen Differenzen der Metalle mit dieser Kraft vergliche und zuletzt alle gewonnenen Zahlen auf dieselbe Einheit brächte, also z. B. das jedesmalige d durch die von demselben Condensator für k gelieferte Zahl dividirte. Weil es aber keine so constante Hydrokette giebt, so mufs man sich helfen, indem man immer zwei Condensatoren gleichzeitig neben einander beobachtet. Dahin nämlich kann man es leicht bringen, dafs eine constante Kette sich nur sehr langsam und allmälig ändert. Indem man nun, um ein Beispiel zu geben, im einen Condensator eine Zink- und eine Kupferplatte hat, im anderen die Metalle M und M', macht man die oben bezeichnete Reihe von Messungen nicht erst am einen Condensator fertig und dann am andern, sondern man mifst alternirend an beiden. Da sich dann die etwaigen Veränderungen von k gleichmäfsig auf beide Condensatoren erstrecken, so eliminirt sich der entstehende Fehler fast vollständig, wie aus der Form der Rechnung am besten zu ersehen ist. Der erste Condensator liefert nämlich:

$$k : \mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu} = \frac{a+b}{2} : \frac{a-b}{2},$$

der zweite

$$k : \mathrm{M}\,|\,\mathrm{M}' = \frac{a'+b'}{2} : \frac{a'-b'}{2},$$

woraus folgt:

$$\mathrm{M}\,|\,\mathrm{M}' : \mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu} = \frac{a+b}{a'+b'} : \frac{a-b}{a'-b'},$$

oder wenn man die elektrische Differenz von Zink und Kupfer gleich 1 setzt

$$\mathrm{M}\,|\,\mathrm{M}' : \mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu} = \frac{(a+b)(a'-b')}{(a'+b')(a-b)} : 1.$$

Wenn man nun durch Wiederholung des Versuches an jedem Condensator zweimal mifst, d. h. einmal an jeder seiner Platten, so werden a, a', b und b' allemal aus dem Mittel von zwei Bestimmungen gefunden und man eliminirt

für unsere letzte Gleichung den aus einer gleichförmigen Veränderung der Kette entstehenden Fehler, wenn man die erste und vierte Messung zur Bestimmung von a, die zweite und dritte zur Bestimmung von a' wählt und es dann bei b und b' ebenso macht.

B. Practische Ausführung dieser Methode.

§. 3.

Kurze Beschreibung der Apparate.

a. Die Condensator-Einrichtungen hier schon so genau zu beschreiben, dafs darnach Instsumente gerade wie die von mir gebrauchten ausgeführt werden können, halte ich für unzweckmäfsig, da ich bei ihrer jetzigen Einrichtung doch nicht stehen zu bleiben gesonnen bin. Es wird aber die Einrichtung im Allgemeinen leicht deutlich gemacht werden können. Die sechszölligen Platten hängen nicht, wie bei meiner ersten Einrichtung[3]), horizontal in drei Seidenschnüren, sondern jede ist vertical durch sechs Schnüre, von denen je zwei durch dasselbe Loch am Rande laufen, zwischen drei Säulen eingespannt. Diese Säulen haben also eine horizontale Lage und stehen im gleichseitigen Dreieck auf einem verticalen Brett. Solcher zwei Bretter mit ihren drei Säulen und ihrer Condensatorplatte stehen einander gegenüber und können, sich selbst parallel bleibend, bis zur Berührung der Platten genähert und nachher bis immer in dieselbe Entfernung von einander entfernt werden. Indem es so bei vollkommen symmetrischem Baue möglich wurde, die Entfernungen der in der Nähe befindlichen Körper von jeder der Platten ganz gleich zu machen, mufsten die geladenen Platten, nachdem sie von einander entfernt waren, gleiche Spannungen der Elelektricität zeigen.

Wegen der schon oft von mir bemerkten Parteilichkeit einer einzelnen Condensatorplatte zu Gunsten der einen oder der anderen Elektricitätsart hielt ich eine Vorrichtung

3) Diese Ann., neue Folge, Bd. XV., S. 88.

für nothwendig, welche, wie die eben beschriebene, beide Platten prüfen liefs, obschon es nicht darauf ankommt, dafs beide genau gleiche Spannungen der Elektricität zeigen. Es würde hier genügen, wenn die von verschieden starken Elektricitäts-Quellen erzeugten Ladungen an beiden Platten nur genau proportional gefunden würden. Jedenfalls mufs man aber, um Fehlerquellen zu entdecken, beide Platten prüfen können.

Was nun diese Fehlerquellen anlangt, welche jener Parteilichkeit zum Grunde liegen, so habe ich mich mehr und mehr überzeugt, dafs sie nur in der Berührung des Schellacks, welcher beim Aufeinandersetzen die Platten auseinander hält, ihren Sitz haben. Ich schlug deswegen folgendes Verfahren ein.

Jede der Platten bekommt am Rande drei kleine Lackstellen so, dafs diese beim Zusammenbringen der Platten auf einander passen. [1]) Nach jedesmaligem Gebrauche des Condensators wird die Spitze einer ganz kleinen Flamme durch ein an das Weingeistlämpchen gebundenes Löthrohr auf jede der sechs Lackstellen etwa eine Sekunde lang geblasen. Nach längerem Gebrauche solcher Platten thut es zuweilen Noth, das Mittel von Hrn. Riefs anzuwenden, und die Lackstellen mit einem in absoluten Alkohol getauchten leinen Läppchen schwach zu befeuchten, dann aber, weil der Alkohol eindringt, bei gelinder Wärme eine geraume Zeit zum Trocknen verstreichen zu lassen.

Die Condensatorplatten werden, sobald man ihre Elektricität an das Elektrometer gebracht hat, immer sogleich abgeleitet.

b. Solcher Condensatoren stehen nun zwei zu den Seiten des von mir verbesserten Dellmann'schen Elektrome-

1) Zu dem Ende werden die Platten auf drei Holzspitzen hohl gelegt, vor dem Auflegen der über der Flamme von anhaftender El. gereinigten Lackscheibchen angehaucht und dann durch eine untergestellte Lampe erhitzt, bis das Lack fliefst. Dieſs wird nachher bis etwa zu Papierdicke weggefeilt, während man durch aufgelegtes Papier die Platte vor der feinen Feile schützt. Die dabei erzeugte El. mufs in der Flammenspitze entfernt werden.

ters [1]), und es sind bequeme Vorrichtungen getroffen, jede einzelne der vier Platten in genau derselben Weise an diesem Instrumente zu prüfen. Die Zahlen, welche nach Anwendung der Tabellen von diesem Elektrometer gegeben werden, sind den Ladungen der Platten proportional.

c. Als Elektricitäts-Quelle habe ich mancherlei Ketten angewendet, zuletzt aber die Daniell'sche als die practischste gefunden. Es kam mir darauf an, dafs die Kette während längerer Zeit, nämlich wenigstens Wochen lang, in einem jeden Augenblick brauchbar sey. Dem ist sehr entgegen, wenn man die Flüssigkeiten durch eine Thonzelle scheidet, weil mit der Zeit zu viel Kupfervitriol zu dem Zink durchdringt. Um das zu vermeiden, verfuhr ich folgendermafsen. Durch die Körke zweier in einem Klotze hinter dem Elektrometer befestigten Gläser, von denen das eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol, das andere von Zinkvitriol enthielt, steckte ich die beiden Metalle in Form von Stäben. Die Verbindung der Vitriole wurde durch Bindfaden hergestellt, welche in dasselbe dritte Gefäfs mit Wasser führten. Zu dem Ende steckte in jedem der Körke ein heberförmiges Glasrohr, aus welchem der Faden zu beiden Seiten in die Flüssigkeiten hineinreichte. Damit einer Vermischung der Vitriole selbst durch diese Fäden vorgebeugt würde, stand die Oberfläche des Wassers im dritten Gefäfs etwas tiefer als die der beiden Vitriole, so dafs letztere beständig in einem äufserst schwachen Abfliefsen nach dem Wasser hin begriffen waren. Wollte ich längere Zeit nicht beobachten, so nahm ich die Heberröhre mit den Fäden weg und verschlofs die Oeffnungen in den Körken.

An den Metallstäben waren mit Klemmschrauben hinlänglich lange aber dünne Kupferdrähte befestigt und in passender Weise durch zwischengebundene Korkstückchen von einander getrennt. Zuletzt liefen diese Drähte durch einen stärkeren Kork, an welchem sie mit der Hand gefafst und zu den Condensatorplatten geführt werden konnten. Die Kette blieb also hierbei fest stehen, so dafs die

1) Diese Ann., neue Folge, Bd. XII., S. 353 und Bd. XIV., S. 499.

Constanz derselben nicht durch frisches Benetzen der Metallstäbe gestört wurde.

Zwischen den meisten Versuchen stand die Kette geschlossen, zu welchem Zwecke die Metallstäbe noch Quecksilbernäpfchen trugen, die dann metallisch verbunden wurden. Der Strom ist natürlich nur äufserst schwach und zersetzt den Kupfervitriol kaum merklich. Nimmt die elektromotorische Kraft einer solchen Kette zu sehr ab, wo sie dann sehr leicht schwankend wird, so reinigt man die Metalle mit Hülfe von verdünnter Schwefelsäure, spült sie gut ab und beginnt die Untersuchung erst wieder nach Verlauf von mehreren Stunden.

§. 4.

Beispiele einer Versuchsreihe.

Der Condensator *A* enthielt eine Zink- und eine Platinplatte [1]), der Condensator *B* eine Zink- und eine Kupferplatte, alle vier, wenigstens den Oberflächen nach, aus chemisch reinen Metallen bestehend.

a Die Daniell'sche Kette wurde mit dem Condensator *A* in der Art verbunden, dafs das Zink der Kette mit der Zinkplatte des Condensators, das Kupfer der Kette mit der Platinplatte metallisch verbunden war.

Fragen wir uns, welche Ladung der Condensator nun erhalten werde, so brauchen wir nur von der einen Platte ausgehend durch die Kette hin nach der anderen Platte die Erregungsstellen aufzuzählen. Von der Zinkplatte z. B. anhebend finden wir, den zwischenliegenden Kupferdraht, welcher diese Platte mit dem Zink der Kette verbindet aufser Acht lassend, die erste Erregungsstelle bei der Berührung zwischen dem Zink der Kette mit dem Vitriol, welcher letztere positiv erregt wird. Die zweite Erregungsstelle tritt auf zwischen dem Kupfervitriol und dem Kupfer und zwar in entgegengesetztem Sinne, indem das Kupfer negativ wird. Dazu kommt noch die elektrische Differenz

1) Es war eigentlich eine mit Platin galvanisch überzogene Kupferplatte, die jedoch nach §. 5 als massive Platinplatte angesehen werden darf.

zwischen dem Kupfer und dem Platin, von der wir wissen, dafs sie das Platin negativ erscheinen läfst. Die elektromotorische Kraft, mit welcher Elektricität nach der Platinplatte getrieben wird, ist also gebildet aus folgender algebraischen Summe von elektrischen Differenzen:

$$+\mathrm{Zn}|\dot{\mathrm{Zn}}\ddot{\mathrm{S}} - \mathrm{Cu}|\dot{\mathrm{Cu}}\ddot{\mathrm{S}} - \mathrm{Cu}|\mathrm{Pt}.$$

Setzt man statt Cu|Pt hier lieber Zn|Pt − Zn|Cu so gewinnt der Ausdruck die Gestalt

$$(\mathrm{Zn}|\mathrm{Cu} + \mathrm{Zn}|\dot{\mathrm{Zn}}\ddot{\mathrm{S}} - \mathrm{Cu}|\dot{\mathrm{Cu}}\ddot{\mathrm{S}}) - \mathrm{Zn}|\mathrm{Pt},$$

wofür wir, wenn D die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette bezeichnet,

$$\mathrm{D} - \mathrm{Zn}|\mathrm{Pt}$$

schreiben können. Da wir nun finden, dafs durch diesen Procefs die Platinplatte positiv geladen wird, so ergiebt sich daraus, dafs die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette gröfser ist als die elektrische Differenz von Zink und Platin. Dieselbe Ladung, nur von negativer Elektricität, finden wir auf der Zinkplatte, und es leuchtet wohl ein, dafs die Ungleichheit in den absoluten Gröfsen der Tendenzen beider Platten, welche davon herrühren könnte, dafs der Indifferenzpunkt in der Kette zufällig nahe an ihrem einen Ende gelegen hätte, als verschwindend und innerhalb der sonstigen Beobachtungsfehler fallend angesehen werden dürfe, wenn nur die condensirende Kraft des Condensators oder, mit Anderen zu reden, seine Verstärkungszahl sehr bedeutend ist. Die Nähe aber, in welcher bei diesen Versuchen die Platten bei einander stehen, bringt es mit sich, dafs sie das 200- bis 300fache von dem Elektricitäts-Quantum aufnehmen, was eine alleinstehend empfangen würde. Die an beiden Platten gefundenen Zahlenwerthe für D—Zn|Pt will ich der Uebersichtlichkeit wegen weiter unten mit den anderweiten Ergebnissen der Versuchsreihe zusammenstellen.

b. Das Zink der Kette wurde mit der Platinplatte, das Kupfer derselben mit der Zinkplatte verbunden. Es wurde

also die Platinplatte geladen durch die elektromotorische Kraft

$$-\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}+\mathrm{Cu}\,|\,\dot{\mathrm{C}}\mathrm{u}\,\ddot{\mathrm{S}}-\mathrm{Zn}\,|\,\dot{\mathrm{Z}}\mathrm{n}\,\ddot{\mathrm{S}}-\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt},$$

das ist mit negativer Elelektricität von der Elektricitäts-Quelle $\mathrm{D}+\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$.

c. Die beiden Platten wurden unmittelbar durch einen Messingdraht verbunden, so dafs sie durch ihre elektrische Differenz $\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$ allein geladen wurden.

d. Zwischen den eben genannten Versuchen waren in der am Ende des §. 2 angegebenen Reihenfolge die analogen Operationen mit dem Condensator *B* vorgenommen und also die Werthe bestimmt von $\mathrm{D}-\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$, $\mathrm{D}+\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$ und $\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$ unmittelbar.

In der folgenden Zusammenstellung sind nun die vom Elektrometer für die einzelnen Combinationen gegebenen Ladungen der Condensatorplatten zu ersehen. Jede Zahl ist das Ergebnifs einer einzigen Messung, nicht etwa ein Mittel aus mehreren.

Condensator *A.*				Condensator *B.*			
	Zink-platte.	Platin-platte.	Mittel.		Zink-platte.	Kupfer-platte.	Mittel.
$\mathrm{D}-\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$	3,01	2,92	2,965	$\mathrm{D}-\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$	3,15	3,01	3,08
$\mathrm{D}+\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$	11,98	12,02	12,00	$\mathrm{D}+\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$	11,0	11,02	11,06
$\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$	4,46	4,46	4,46	$\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu}$	3,92	4,05	3,985

Die halbe Summe von $\mathrm{D}+\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$ und $\mathrm{D}-\mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt}$, nämlich 7,48(25), giebt die Ladung, welche der Condensator von der Daniellschen Kette allein bekommen haben würde, wenn es möglich gewesen wäre, die elektrische Verschiedenheit seiner beiden Metalle bei der Ladung ganz aufser Wirksamkeit zu setzen. Die halbe Differenz derselben Gröfsen liefert die Zahl 4,5175, welche nur wenig von dem direct gefundenen Werthe 4,46 für die elektrische Differenz von Zink und Platin abweicht.

Man weifs also jetzt, dafs sich die elektrische Differenz zwischen Zink und Platin zu der elektrischen Differenz

zwischen den Polen der Daniell'schen Kette verhält wie 4,52 zu 7,48 oder, wenn man aus den beiden gefundenen Werthen für Zn|Pt das Mittel nimmt, wie 4,49 zu 7,48.

Berechnet man die Ergebnisse des Condensators *B*, so findet man für ihn D = 7,07 und Zn|Cu = 3,99, während für letztere Gröfse die unmittelbare Messung 3,985 gegeben hatte. Es verhält sich also die elektrische Differenz von Zink und Kupfer zu der elektrischen Differenz zwischen den Polen derselben Kette wie 3,99 zu 7,07.

Nun wir also das Verhältnifs in den condensirenden Kräften der Condensatoren wissen, ist die Aufgabe gelöst und das Ergebnifs dieser einen Versuchsreihe ist, wenn wir ein für allemal die elektrische Differenz zwischen Zink und Kupfer gleich 100 setzen wollen

$$Zn|Pt : ZnCu = 106{,}4 : 100.$$

Die Wiederholung derselben Messungen lieferte in einem zweiten Falle statt 106,4 die Zahl 106,8, in einem dritten jedoch, wo die Kette gröfsere Unregelmäfsigkeiten zeigte, 111,2. Das Mittel aus den drei Versuchsreihen giebt 108,1, ich möchte es jedoch, weil die beiden ersten Versuchsreihen regelmäfsiger verliefen, lieber in runder Zahl auf 107 setzen.

§. 5.

Statt massiver Condensatorplatten kann man solche mit galvanischen Ueberzügen nehmen.

Um diesen Punkt, der sich durch rein theoretische Betrachtungen nicht von vorn herein erledigen läfst, auf dem Wege des Experimentes zu untersuchen, bekleidete ich eine Zinkplatte durch Anwendung von Kalium-Kupfer-Cyanür mit Hülfe eines schwachen Stromes dünn aber vollständig mit Kupfer. Der eine Condensator trug neben dieser überkupferten Zinkplatte eine massive Zinkplatte, der andere die beiden Metalle in massiven Platten. In der angegebenen Weise wurde darauf die elektrische Differenz von Zink und Kupfer mit derselben dritten Elektricitätsquelle, nämlich der Daniell'schen Kette, verglichen, und es stellte sich heraus, dafs die überkupferte Zinkplatte ge-

nau wie die massive Kupferplatte sich verhielt. Ich bekam zwar niemals ganz genau dieselben Zahlen, doch war der Unterschied immer nur sehr gering und zwar in der Art, dafs bald der eine Condensator, bald der andere Zn|Cu etwas gröfser erscheinen liefs, so dafs die Unterschiede eben auf Beobachtungsfehler zu schieben sind.

Aus diesem Factum wird man schliefsen können, dafs überhaupt galvanisch überzogene Metallplatten, als Condensatorplatten benutzt, die Wirkung massiver Platten besitzen, zumal theoretische Gründe diese Vermuthung unterstützen.

§. 6.

Resultate der Untersuchungen verschiedener Metalle.

a. Die elektrische Differenz zwischen Platin und Zink ist oben schon zu 107 angegeben, wobei als Maafsstab die Differenz zwischen Kupfer und Zink gleich 100 gesetzt war. Derselbe Maafsstab ist bei den folgenden Bestimmungen zum Grunde gelegt. Ich bemerke noch, dafs statt der Platinplatte eine Kupferplatte diente, welche durch Hülfe von Platinsalmiak nach Böttger's Vorschrift mittelst eines ziemlich starken Stromes mit Platin überzogen war und dafs die Zinkplatte hier, wie bei allen Versuchen einen chemisch reinen Ueberzug durch Kalium-Zink-Cyanür auf galvanischem Wege erhalten hatte.

b. Für Gold und Zink fand ich in drei Versuchsreihen die Zahlen 115,9, 111,3 und 111,0, also im Mittel 112,7. Statt der Goldplatte diente eine (chemisch rein) vergoldete Messingplatte.

c. Silber (eine versilberte Messingplatte) gab ein Mal 104,8, das andere Mal 106,4, also im Mittel 105,6.

Bei den folgenden Messungen diente eine nach Böttger's Vorschrift, jedoch unter Anwendung eines sehr starken Stromes, mit Eisen überzogene Messingplatte. Die Farbe war nicht die weifse des chemisch reinen Eisens, sondern eine glänzende graue, doch hatten sich beim Herausnehmen aus der Flüssigkeit und dem Abspülen dunklere

graue Flecke eingestellt, die von Oxydation herrühren möchten. Obschon nun die ganze Platte mit Tripel und Baumwolle gehörig abgerieben wurde, möchte ich doch der Ansicht seyn, dafs sie zum grofsen Theile als sogenanntes passives Eisen zu betrachten sey und in ihrer Wirkungsweise viel näher nach dem negativen Ende der Metallreihe liege, als reines Eisen. Ich glaube diefs hauptsächlich schon defswegen, weil sich unter Benutzung dieser Platte die elektrische Differenz zwischen Zink und Eisen viel gröfser herausstellte als die zwischen Zink und Blei oder zwischen Zink und Zinn. Dennoch aber sind die Messungen an dieser Eisenplatte sehr belehrend, weil sie die Brauchbarkeit der Methode und zugleich das Gesetz der Spannungsreihe sehr evident beweisen.

d. Es stellten sich als die elektrische Differenz des Zinks mit dieser Platte die Zahlen 77,3 und 72,1 heraus, deren Mittel 74,7 ist.

Nach den bisherigen Ergebnissen mufste nach dem Gesetze der Spannungsreihe

Fe|Cu=25,3, Fe|Pt=32,3, Fe|Au=38 und Fe|Ag=30,9

seyn. Die directen Messungen ergeben nun

für Fe|Cu die Zahlen 34,8 und 28,8, also im Mittel 31,9;
für Fe|Pt die Zahlen 33,7; 31,6 und 31,5, also im M. 32,3;
für Fe|Au die Zahlen 39,8 und 39,56 also im Mittel 39,7;
für Fe|Ag die Zahl 29,8.

Mit Ausschlufs der Zahl für Fe|Cu entsprechen diese Ergebnisse genügend den Anforderungen des Gesetzes.

e. Mit dem Bleie ging es mir schlecht oder vielmehr so, dafs sich die Nothwendigkeit ergiebt, den Condensator anders einzurichten. Eine massive Bleiplatte war noch ganz blank mit ihren Lackstellen versehen, konnte aber erst anderen Tages geprüft werden, wo sie schon ihren Glanz zumeist verloren hatte. Sie wurde gegen eine Kupferplatte geprüft und es stellten sich an diesem Tage für Pb|Cu die Zahlen 92,7 und 90,1 heraus, am folgenden Tage 81,9 und am dritten 74,0. Aller Glanz war jetzt auch verschwunden und das Blei ganz angelaufen.

f.

f. Am dritten Tage, nachdem eine Zinnplatte einer Kupferplatte gegenüber gehängt war, ergab sich für Sn|Cu der Werth 42,3; doch traue ich auch diesem Resultate nicht, weil ich zwei Tage vorher bei einer Vorprüfung durch unmittelbare Verbindung beider Platten mittelst eines Drahtes eine weit gröfsere Differenz zwischen Kupfer und Zinn gefunden hatte als an dem Tage, wo die eigentliche Versuchsreihe angestellt wurde.

Am auffallendsten wird vielleicht erscheinen, dafs die elektrische Differenz zwischen Zink und Platin so wenig gröfser erscheint, als die zwischen Zink und Kupfer, da doch die elektromotorische Kraft der Grove'schen Kette so viel gröfser ist als die der Daniell'schen. Darin liegt indessen kein Einwand irgend einer Art. Wir wissen, dafs das Platin von der Salpetersäure positiv erregt wird, und sollte es sich nur herausstellen, dafs diese Erregung ungefähr die Stärke erlange, mit welcher das Zink von seinem Vitriole negativ erregt wird, so reicht die Zahl 107 vollkommen hin, die elektromotorische Kraft der Grove'schen Kette zu erklären. Diese kleine Arbeit werde ich nächstens unternehmen, um den letzten Zweifel an der Richtigkeit des Satzes zu entfernen, dafs die elektromotorische Kraft einer Kette lediglich aus den elektrischen Differenzen der in ihr sich berührenden Körper zusammengesetzt ist.

§. 7.

Bedenken.

Statt die Arbeit mit anderen Metallen fortzusetzen, breche ich sie hier vorerst ab. Die Versuche mit dem Bleie zeigen zur Genüge, dafs die Ergebnisse nur dann Werth haben, wenn die Oberflächen der Condensatorplatten rein metallisch sind, und so möchte es vorerst am nöthigsten seyn, diese so einzurichten, dafs sie ganz frei von Lack sind und jeden Augenblick abgeputzt werden können. Wer kann auch dafür einstehen, dafs nicht die an der Oberfläche der Metalle condensirten Gase, wie sie bei den Moser'schen Bildern gethan, so auch hier eine Rolle spielen?

So gern ich auch der Ansicht wäre, dafs meine Messungen die Stellung der edlen Metalle in der Spannungsreihe einigermafsen richtig bestimmen, so will ich doch nicht leugnen, dafs ich neue Versuchsreihen mit neuen Instrumenten anzustellen für nöthig erachte. Der Grund, weshalb ich dennoch eine halbfertige Arbeit veröffentliche, ist abgesehen davon, dafs der gröfste Theil dessen, was ich geschrieben habe, doch geschrieben werden mufste, in unseren Zeitverhältnissen zu suchen, welche eine Unterbrechung der Arbeiten als möglich erscheinen lassen.

Cassel den 15. October 1850.

II. *Die Theorie der Farben dünner Blättchen; von E. Wilde.*

Die Geschichte dieser Theorie.

Zu den *Farben dünner Blättchen* (*Lamellen*) gehören nicht allein die von Newton vorzugsweise beobachteten, die in einer dünnen Luft- oder Wasserschicht zwischen zwei Glaslinsen entstehenden und die der Seifenblasen, sondern überhaupt alle jene Farben, die jedesmal da sichtbar werden, wo das Licht aus einem Mittel in ein anderes *von sehr geringer Tiefe,* und aus diesem wieder in das erste oder in ein von demselben verschiedenes übergeht. Hierher sind also auch die Farben zu rechnen, die man zwischen einer Glaslinse und jedem anderen spiegelnden festen Körper z. B. einem Metallspiegel bemerkt; hierher gehören ferner die Farben des polirten Stahles, wenn sich auf demselben in einer hohen Temperatur dünne Häutchen durch Oxydation gebildet haben, oder die der Fensterscheiben, wenn sie sich bei starker Kälte der äufseren Luft im wärmeren Zimmer mit einer sehr dünnen Eisschicht zu belegen anfangen, so wie die lebhaften Farben, die man beim Anhauchen des

polirten Glases, oder an den Sprüngen zerbrochener Gläser, zwischen Blättchen des Isländischen Krystalls, des Glimmers oder Gipses und in vielen anderen Fällen wahrnimmt [1]).

Vor Newton hatten sich schon Boyle und Hooke mit eben dieser Gattung von Farben beschäftigt, von denen der erstere diefs wenigstens feststellte, dafs die von flüssigen Lamellen reflectirten Farben von der chemischen Beschaffenheit der Flüssigkeiten nicht abhängen können, weil sie an Blasen eines jeden flüssigen Mittels wahrgenommen werden [2]).

Viel tiefer drang Hooke in die Natur dieser Farben ein. Ihm verdanken wir nicht allein die Entdeckung, dafs die Farben, die durch eine dünne Luftschicht zwischen zwei Glaslinsen entstehen, sich in regelmäfsigen Ringen an einander reihen, sondern er zuerst machte auch darauf aufmerksam, dafs ein Glimmerblättchen von überall gleicher Dicke eine und dieselbe reflectirte Farbe, zwei Glimmerblättchen von verschiedener Dicke aber verschiedene Farben entwickeln, dafs also die Entstehung der verschiedenen Farben dieser Art von der Tiefe der Lamellen abhängen müsse [3]). Aus dieser Thatsache leitete er den Ursprung der Lamellenfarben in einer Weise ab [4]), die der Wahrheit zu nahe kommt, als dafs ich seine eigenen Worte nicht mittheilen sollte.

1) Die Annalen haben bereits in drei Abhandlungen die Erklärung der Lamellenfarben durch die Undulationstheorie mitgetheilt. Die eine von Thomas Young (Gilbert's Ann. Bd. 39, S. 189) enthält nur ein Paar Seiten ohne irgend eine Rechnung, und ist nicht geeignet, Klarheit in diesen Gegenstand zu bringen. Die andere von Fresnel (diese Ann. Bd. 12, S. 197 und S. 599) entbehrt auch solcher analytischen Ausdrücke, durch welche man alle Eigenschaften dieser Art von Farben mit einem Blicke übersehen kann. In der dritten Abhandlung von Airy (diese Ann. Bd. 41, S. 512) sind zwar die Intensitätsausdrücke für unendlich viele Reflexionen und Brechungen, aber ohne ihre Entwickelung angegeben.

2) *Experimenta et considerationes de coloribus*, in der Ausgabe der *Opera omnia*, *Venet.* 1697. *pag.* 965.

3) *Micrographia*. London, 1667. *pag.* 53.

4) *Ibid. pag.* 65.

„In Folge dieser Betrachtungen, sagt Hooke, wird es einleuchtend, dafs die Reflexion von der unteren oder entfernteren Seite der Lamelle die Hauptursache der Entstehung dieser Farben ist. Auf ein Glimmerblättchen (Muscovy-Glafs), das an dem einen Ende dünner, und dicker an dem anderen ist, falle ein Strahlenbündel, das von der Sonne oder einem anderen entfernten leuchtenden Gegenstande kommt, in schräger Richtung auf das dünnere Ende, so wird ein Theil des Lichtes durch die Vorderfläche der Lamelle reflectirt. Da aber die Lamelle durchsichtig ist, so wird ein anderer Theil in der Vorderfläche auch gebrochen, und nach der Hinterfläche fortgepflanzt, von welcher er reflectirt, und von der Vorderfläche abermals gebrochen wird, *so dafs dann nach zwei Refractionen und einer Reflexion eine Art von schwächerem Strahle entsteht, dessen Wellenschlag (pulse) nicht allein in Folge der beiden Refractionen in der Vorderfläche, sondern auch wegen der Zeit, die während seines Hin- und Herganges zwischen den beiden Oberflächen der Lamelle verfliefst, nach dem von der Vorderfläche reflectirten Wellenschlage folgt.* So entsteht, wenn die Flächen der Lamelle so nahe an einander sind, dafs das Auge sie nicht unterscheiden kann, *ein aus beiden reflectirten vereinigter oder ein verdoppelter Wellenschlag,* dessen stärkerer Theil vorangeht, und dieser verdoppelte Wellenschlag wird auf der Netzhaut die Empfindung der gelben Farbe verursachen".

„Diefs Gelb wird tiefer erscheinen, wenn der schwächere (von der Hinterfläche reflectirte) Wellenschlag bei einer gröfseren Tiefe der dünnen Platte aus der Richtung des stärkeren ersten (von der Vorderseite reflectirten) mehr heraustritt, bis endlich der Eindruck der rothen Farbe auf das Auge gemacht wird u. s. w."

Abgesehen von der unrichtigen Erklärung, wie die *verschiedenen* Farben der Lamellen entstehen sollen, sagt hier also Hooke, dafs ihr Ursprung überhaupt in dem Gangunterschiede gesucht werden müsse, der sich zwischen den

von der Vorder- und Hinterfläche der Lamelle reflectirten Wellen bildet, wie sich dieſs in der That so verhält.

Newton ergriff diese Ahnungen Hooke's nicht mit der Gewalt seines Genies; er blieb vielmehr bei den Thatsachen stehen, die er an diesen Farben beobachtet hatte. Da er bei den Ringen, die er nach Hooke's Angabe zwischen zwei wenig convexen Linsen erhielt, durch die sorgfältigsten Messungen fand, daſs an denselben Stellen, wo im reflectirten *homogenen* Lichte dunkle Ringe sichtbar sind, im durchgelassenen helle entstehen und umgekehrt, und daſs dabei die Wege, die von den Lichtstrahlen zurückgelegt werden müssen, um bald dunkel und bald hell zu erscheinen, einander gleich sind; so hielt er sich deshalb zu der Hypothese berechtigt, daſs den Lichtstrahlen die Eigenschaft zukomme, in gleichen periodisch wiederkehrenden Entfernungen bald leichter durchgelassen, bald leichter reflectirt werden zu können, und nannte bekanntlich diese Eigenschaft der Strahlen ihre *Anwandlungen* (*Fits of easy Transmission or of easy Reflexion, vices facilioris transmissus aut reflexionis*) [1]).

Daſs Newton hiermit nicht ein für alle Lichtwirkungen allgemeingültiges Princip aufgestellt habe, hiervon muſste er selbst wohl überzeugt seyn, weil er den ähnlichen Wechsel zwischen Helligkeit und Dunkelheit bei den Beugungserscheinungen im homogenen Lichte kannte, wo doch durchaus nicht an eine leichtere Transmission oder Reflexion gedacht werden kann. Nichtsdestoweniger ist das Verdienst Newton's gerade um dieſs Gebiet der Optik ein überaus groſses. Er zuerst war es, der die Farbenringe im homogenen Lichte beobachtete, und dabei das Gesetz entdeckte, nach welchem die Ringhalbmesser von der Berührungsstelle der Gläser an wachsen, der die Lufttiefen, die zu den gleichvielten Ringen der verschiedenen prismatischen Farben gehören, aus den mit groſser Sorgfalt gemessenen Ringhalb-

1) Newton handelt von diesen Farben in dem ersten und zweiten Theile des zweiten Buches der „Optik".

messern berechnete, und das Gesetz ermittelte, von dem die Halbmesser der Ringe abhängen, die durch verschiedenbrechende Lamellen entstehen.

Es verging beinahe ein Jahrhundert, ehe man die Hypothese der Anwandlungen öffentlich anzugreifen wagte. Denn erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts entschied sich Euler zuerst für die von Huygens und Hooke behauptete Wellentheorie des Lichtes. That er diefs auch nicht mit demselben Erfolge, mit dem er andere Gebiete der Optik, wie namentlich die Theorie der Brechung des Lichtes gefördert hat, so wurde doch durch seine Autorität die Aufmerksamkeit auf die in Vergessenheit versunkene Undulationstheorie von neuem hingelenkt. Richtig erkannte zwar Euler, dafs die Verschiedenheit der Farben von einer verschiedenen Oscillationsgeschwindigkeit abhänge, mit der die Aethermolecule die Nervenhaut des Auges treffen, und dafs diese Geschwindigkeit weder zu klein noch zu grofs, sondern in gewisse Gränzen eingeschlossen seyn müsse, wenn im Auge die Empfindung einer Farbe hervorgerufen werden soll; was er aber zur Erklärung der Lamellenfarben anführt, ist noch durchaus ungenügend [1]).

Ein Bedenken anderer Art gegen die Newton'sche Erklärung der Lamellenfarben wurde um eben diese Zeit von dem Abbé Mazeas [2]) geäufsert, der zufällig darauf geleitet worden war, dafs farbige Streifen auch durch planparallele Lamellen zwischen zwei auf einander gelegten Glasplatten entstehen können. Da er gefunden hatte, dafs diese Farben sich um so mehr nach den Rändern der Gläser hinzogen, je mehr diese erwärmt wurden, bis sie endlich ganz verschwanden: so glaubte er hieraus folgern zu können, dafs auch die Farbenringe nicht nach Newton's Erklärung durch die geringe Tiefe der Luftlamelle entstehen, sondern durch

1) *Mém. de l'acad. de Berlin*, 1752. (gedruckt 1754.) *tom. VIII, pag.* 262 in der Abhandlung: *Essai d'une explication physique des couleurs engendrées sur des surfaces extrémement minces.*

2) *Mém. de Math. et Phys., présentés à l'acad. des sciences. Paris*, 1755. *tom. II, pag.* 26.

irgend eine andere Ursache, die durch die Wärme entfernt werden könne. Wie voreilig aber diese Folgerung war, wurde schon von Musschenbroek [1]) nachgewiesen, der jene farbigen zwischen zwei Glasplatten entstehenden Streifen allerdings wiederfand, sie aber bei der Erwärmung der Glasplatten nicht verschwinden sahe, wenn diese zuvor mit Alkohol abgewaschen und vollkommen gereinigt waren.

Eben so unbegründet war ein anderer, von Du Tour [2]) gemachter Einwurf. Da er sich überzeugt hatte, dafs die Farbenringe nicht verschwanden, wenn die Gläser unter dem Recipienten einer Luftpumpe in einem mit möglichst verdünnter Luft angefüllten Raume sich befanden, so bezweifelte er deshalb die Richtigkeit der von Newton gegebenen Erklärung der Lamellenfarben, übersah es also, dafs dieser nicht sowohl die Anwesenheit der Luft, sondern vielmehr die eines von den Gläsern verschiedenen Mittels zum Entstehen der Farbenringe für nothwendig erachtet hatte, des Umstandes nicht zu gedenken, dafs der Brechungsexponent aus der verdünnten in die gewöhnliche Luft nur sehr wenig von der Einheit verschieden ist.

So war der Anfang dieses Jahrhunderts herangekommen, und die Erklärung der Farbenringe noch immer ein unlösbares Problem, als im Jahre 1802 Thomas Young [3]), damals Professor der Physik an dem Royal Institution in London, in Folge der oben angeführten Aeufserungen Hooke's das *Princip der Interferenz* [4]) entdeckte, und dasselbe auf die Farbenringe anwandte. Obgleich er den Ursprung der Lamellenfarben nur angedeutet, ihre Theorie aber nicht vollendet hat, so wird doch die späteste Nachwelt dankbar seinen Namen nennen, weil wir die endliche

1) *Introductio ad phil. naturalem. Ludg. Bat.* 1762. *tom. II, pag.* 733.

2) *Mém. de Math. et Phys., présentés etc. etc. Paris, tom. IV, pag.* 285.

3) *Phil. Transact. of the Soc. of London*, 1802. *pag.* 37 in der Abhandlung: *On the Theory of Light and Colours.*

4) Dafs schon Grimaldi Interferenzerscheinungen beobachtet hatte, ist bereits in diesen Ann. Bd. 79, S. 75 bemerkt worden.

im Verlaufe der letzten Decennien gegebene Erklärung aller Lichtwirkungen aus der alleinigen Voraussetzung eines im Weltenraume verbreiteten, unendlich feinen und sehr elastischen Stoffes — einer Voraussetzung, die nicht mehr eine unbegründete ist, seitdem Encke die verzögerte Tangentialbewegung des nach ihm benannten Kometen, dessen Umlaufszeit von 1786 bis 1838 regelmäfsig von Umlauf zu Umlauf in 52 Jahren um 1,8 Tage kürzer geworden ist, aus dem Widerstande eines sehr dünnen, das Universum erfüllenden Mittels erklärt hat [1]) — hauptsächlich der Entdeckung dieses Mannes verdanken.

Im Jahre 1817 wurden hierauf von Arago [2]) im Betreff dieser Farben andere wichtige Entdeckungen gemacht. Als er die zwischen zwei Glaslinsen reflectirten Ringe durch ein Kalkspathrhomboëder betrachtete, dessen Hauptschnitt entweder in der Reflexionsebene oder senkrecht gegen dieselbe lag, fand er, dafs bei kleineren Einfallswinkeln des natürlichen Tageslichtes die beiden Bilder der Ringe dieselbe Intensität hatten, dafs eins derselben allmälig lichtschwächer wurde, wenn der Einfallswinkel zunahm, dafs es bei dem Polarisationswinkel von etwa 55° (vom Lothe an gerechnet) ohne eine Verdunkelung des Gesichtsfeldes an dieser Stelle völlig verschwand, und von neuem sichtbar wurde, wenn der Einfallswinkel noch mehr wuchs, dafs sich also in Uebereinstimmung mit Arago's Erwarten *das reflectirte Licht der farbigen Ringe* gerade so, wie das reflectirte natürliche verhielt. Wider sein Erwarten aber fand er, dafs auch *das farbige Licht der durchgelassenen Ringe* für eben dieselben Lagen des Kalkspaths ganz dieselben Erscheinungen darbot, als ob auch diese Ringe durch reflectirtes Licht entständen, und weder er selbst noch Malus und Biot wufsten diefs damals zu erklären. Was

1) Diese Ann. Bd. 38, S. 573, und „Kosmos" von v. Humboldt, Th. I. S. 113.

2) *Mém. de Phys. et de Chimie de la Soc. d'Arcueil.* Paris, 1817. *tom. III, pag.* 223 in dem *Mém. sur les couleurs des lames minces.* Diese Ann. Bd. 26, S. 123.

ihnen aber noch unerklärlicher zu seyn schien, war folgende gleichfalls von Arago gemachte Entdeckung. So wie dieſs der ältere Herschel [1]) schon früher gethan hatte, vertauschte auch Arago die untere Linse mit einem Metallspiegel, so daſs die reflectirten Ringe zwischen Glas und Metall entstanden. Fiel dann das Licht unter Winkeln ein, die kleiner waren, als der Polarisationswinkel des Glases, während der Hauptschnitt des Kalkspaths wieder in der Einfallsebene oder senkrecht gegen dieselbe lag, so waren beide Bilder zwar an Intensität verschieden, die Farben der Ringe einer und derselben Ordnung aber in beiden dieselben, wie bei den zwischen Glas und Glas reflectirten Ringen. Auch verschwanden die Farben in dem einen der beiden Bilder, wenn der Einfalls- dem Polarisationswinkel gleich war. Wurde aber der Einfallswinkel noch gröſser genommen, so wurden zwar wieder beide Bilder sichtbar, jedoch mit der merkwürdigen Eigenthümlichkeit, daſs die Farben in dem Bilde, in welchem sie verschwunden waren, als complementäre zu denen in dem anderen sich zeigten, in welchem die Farben sich nicht geändert hatten. Fand die innigste Berührung zwischen der Linse und dem Metalle Statt, so erschien z. B. der Centralfleck dem freien Auge grau; durch den Krystall betrachtet aber war er in dem einen Bilde schwarz und in dem anderen weiſs.

Ungeachtet Young, wie gesagt, schon im Jahre 1802 die richtige Erklärung der Farben dünner Blättchen angedeutet hatte, so wurden doch bis zum Jahre 1823 hin noch von Mehreren, denen Young's Theorie entweder unbekannt war, oder nicht überzeugend zu seyn schien, vergebliche Versuche gemacht, die Entstehung dieser Farben nachzuweisen. Der ältere Herschel suchte den Ursprung derselben in der Trennung, welche die farbigen

1) W. Herschel's Untersuchungen über die Farben dünner Blättchen findet man in den *Phil. Transact. of the Soc. of London*, 1807. *pag.* 180, und in den Fortsetzungen dieser Abhandlung in den Jahrgängen von 1809. *pag.* 259 und 1810. *pag.* 149.

Bestandtheile eines weifsen Lichtbündels beim Uebergange aus dem Glase in die Luft an der Gränze der totalen Reflexion erleiden. Parrot [1]) wollte sie aus der Voraussetzung erklären, dafs die Oberflächen der Körper, an denen man sie wahrnimmt, erwärmt und mit dünnerer Luft, in welcher die farbigen Bestandtheile des weifsen Lichtes verschieden gebrochen würden, umgeben seyn, ja selbst den Ursprung der Beugungserscheinungen wollte er hierdurch nachgewiesen haben. Tobias Mayer [2]) endlich suchte den Grund dieser Farben in einer anziehenden Kraft, welche die beiden Oberflächen der Gläser in der Nähe ihrer Berührungsstelle gegen die materiellen Lichtmolecule äufsern sollten. Indem diese Kraft sich in einen gegen die Berührungsstelle gerichteten Zug zusammensetze, lasse sie die einzelnen Bestandtheile eines weifsen Strahlenbündels eine solche Ablenkung erleiden, dafs sie in den farbigen Ringen getrennt erscheinen.

Fresnel war es, der auch hier zuerst die Bahn brach, die von Young gegebene Erklärung der Lamellenfarben wieder aufnahm, und eine befriedigendere Lösung des Problemes gab [3]). Bald hernach wurden die hierauf bezüglichen analytischen Untersuchungen auch von Poisson [4]) und John Herschel [5]), und später von Airy [6]), Radicke [7]) und Knochenhauer [8]) angestellt.

Die reflectirten Farben.

Es seyn (Fig. 1. Taf. I.) *MN* und *PQ* die parallelen Oberflächen einer auf beiden Seiten von derselben Glas-

1) Gilbert's Ann. Bd. 47, S. 215.
2) *Commentationes soc. Reg. Gottingensis recentiores*, 1823. *vol. V.*
3) *Supplément à la Chimie de Thomson, pag.* 70. *Ann. de Chimie et de Phys. par Gay-Lussac et Arago*, 1823. *tom. XXIII, pag.* 129.
4) *Ann. de Chimie et de Phys.*, 1823. *tom. XXII, pag.* 337.
5) „Vom Lichte" aus dem Englischen übersetzt von Schmidt, S. 334.
6) *Mathematical Tracts* (2 *edit.*), *pag.* 301.
7) „Handbuch der Optik" Th. II, S. 95.
8) „Die Undulationstheorie des Lichtes" S. 88.

art umgebenen Luftlamelle, und sg ein unter dem Winkel $sgh = i$ einfallendes Bündel *homogener* und paralleler Strahlen, in denen die Aethervibrationen senkrecht gegen die Einfallsebene seyn mögen, und dessen Intensität $= 1$ gesetzt werde. Der in g bei dem Uebergange des Bündels aus dem Glase in die Luft in der Richtung go reflectirte Theil desselben sey α, so geht der Theil $1-\alpha$ unter dem Brechungswinkel $pgq = r$ in die Lamelle nach q über, wo wieder, wenn man den beim Uebergange des Bündels aus der Luft in das Glas reflectirten Lichttheil mit α' bezeichnet, der Theil α' reflectirt und der Theil $1-\alpha'$ durchgelassen wird. Von dem in q mit der Intensität $(1-\alpha)\alpha'$ reflectirten Bündel qm wird in m abermals der Theil $1-\alpha'$ durchgelassen, so dafs hier dieses Bündel mit der Intensität $(1-\alpha)(1-\alpha')\alpha'$ in der Richtung mo in das obere Glas übergeht, und mit dem Bündel go, dessen Intensität $= \alpha$ ist, an der oberen Gränze der Lamelle interferiren kann.

Der Unterschied in den Wegen dieser beiden interferirenden Bündel ist, wenn noch mk senkrecht gegen go gezogen wird, $gq + qm - gk$, wovon jedoch der Theil gk im Glase, und der Theil $gq + qm$ in der Luft liegt. Im Glase legt aber ein Lichtstrahl den Weg 2 *in derselben Zeit* zurück, in welcher er in der Luft den Weg 3 durchläuft, wenn $\frac{3}{2}$ der Brechungsexponent aus der Luft in das Glas ist. Die Bewegung des Lichtes erfolgt daher gerade so, als ob eine Wellenlänge λ' im Glase nur $\frac{2}{3}$ einer Wellenlänge λ in der Luft betrüge, ganz abgesehen davon, ob in der That die Zahl der Wellenlängen in beiden Mitteln in gleichen Zeiten gleich und λ' wirklich kürzer als λ, oder ob die Zahl der Wellenlängen in beiden Mitteln in gleichen Zeiten ungleich ist, und λ' und λ zwar gleich sind, aber mit verschiedener Geschwindigkeit von dem Strahle durchlaufen werden. Man kann also im Allgemeinen $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ setzen, wenn n den Brechungsexponenten aus der Luft in das Glas bedeutet, und es kommen daher, weil der Weg

des Lichtes, durch die Wellenlänge dividirt, die Zahl der Wellenlängen angiebt, die in diesem Wege enthalten sind, $\frac{gq+qm}{\lambda}$ Wellenlängen auf den in der Luft zurückgelegten Weg $gq+qm$, auf den anderen gk im Glase aber $\frac{gk}{\lambda'} = \frac{n.gk}{\lambda}$ Wellenlängen, so dafs der in g an der oberen Gränze der Lamelle reflectirte Strahl dem anderen an der unteren Gränze in q reflectirten um $\frac{gq+qm-n.gk}{\lambda} = \frac{\delta}{\lambda}$ Wellenlängen voraneilt. Diefs also ist der auf dieselbe Wellenlänge λ in der Luft zurückgeführte Gangunterschied der interferirenden Bündel go und mo.

Da der Brechungswinkel r in der Luft liegt, so hat man ferner $\sin r = n \sin i$, folglich, wenn die senkrechte Tiefe gp der Lamelle $= d$ gesetzt wird:

$$gq = qm = d \sec r;\ gm = 2d \operatorname{tang} r, \text{ und}$$
$$gk = gm.\sin gmk = gm.\sin i = 2d \operatorname{tang} r \sin i,$$

so dafs der Gangunterschied der beiden interferirenden Bündel go und mo:

$$(1)\ \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{\lambda}(gq+qm-n.gk) = \frac{1}{\lambda}(2d\sec r - 2nd \operatorname{tang} r \sin i)$$
$$= \frac{1}{\lambda}(2d\sec r - 2d \operatorname{tang} r \sin r) = \frac{2d(1-\sin^2 r)}{\lambda \cos r} = \frac{2d\cos r}{\lambda},$$

mithin ihr Phasenunterschied (das Product von 2π mit dem Gangunterschiede) $\beta = 2\pi \frac{2d\cos r}{\lambda}$ ist [1]).

Besteht aber die Lamelle aus Glas oder Wasser oder überhaupt aus einem Mittel, das stärker bricht, als die auf beiden Seiten umgebende Luft, so wird dann die Zahl der Undulationen z. B. im Glase $= \frac{gq+qm}{\lambda'} = \frac{n(gq+qm)}{\lambda}$, während die der Undulationen in der Luft $= \frac{gk}{\lambda}$ ist, wenn λ' wieder die Wellenlänge im Glase, λ aber die in der Luft bedeutet. Da nun in diesem Falle $\sin i = n \sin r$, so hat man den Gangunterschied

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 90.

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{\lambda}\left[n(yq+qm)-gk\right] = \frac{1}{\lambda}\left(2nd\sec r - 2d\tang r\sin i\right)$$
$$= \frac{2nd(1-\sin^2 r)}{\lambda\cos r} = \frac{2nd\cos r}{\lambda},$$

mithin den Phasenunterschied $\beta = 2\pi\frac{2nd\cos r}{\lambda}$.

Um jedoch die Rechnung vornehmlich für die durch eine Luftschicht entstehenden Farben fortzusetzen, so bedarf der in (1) berechnete Gangunterschied noch einer Correction, deren Grund in dem Fresnel'schen Ausdrucke für die *Vibrationsintensität* (das Maximum der Oscillationsgeschwindigkeit) eines *reflectirten* und nach der Einfallsebene polarisirten Strahles liegt. Denn es ist für diesen Strahl, in welchem die Aetherschwingungen senkrecht gegen die Einfallsebene und die Richtung desselben erfolgen, die Vibrationsintensität dem Ausdrucke [1])

$$-\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$$

gleich, wenn anders der Strahl, wie hier angenommen wurde, vor der Reflexion mit der Lichtstärke $=1$ einfiel. Dieser Ausdruck hat aber für die obere und untere Gränze der Lamelle ein entgegengesetztes Vorzeichen. Im Glase nämlich an der oberen Gränze ist der Einfallswinkel i kleiner, als der Brechungswinkel r in der Luft, der Ausdruck also positiv; an der unteren Gränze dagegen, wo das Licht *aus der Luft* in das untere Glas übergeht, und der Einfallswinkel gröfser ist, als der Brechungswinkel, wird derselbe Ausdruck negativ. Mit einem veränderten Zeichen in der Vibrationsintensität ist aber jedesmal eine Umkehrung in den Schwingungsrichtungen des Aethers verbunden. Denn es ist die Vibrationsintensität $v = \frac{2a\pi}{T}$ [2]), die Schwingungsweite a also $= \frac{vT}{2\pi}$, und es ändert a das Zeichen, wenn v es ändert. Es tritt daher bei der Reflexion eines nach der Einfallsebene polarisirten Strahles an der einen Gränze der

1) Diese Ann. Bd. 22, S. 90.
2) Diese Ann. Bd. 79, S. 87.

Lamelle eine Umkehrung der Aetherschwingungen im Vergleiche mit ihrer Richtung an der anderen ein, welche Umkehrung für die Intensität des reflectirten Lichtes denselben Erfolg hat, als wäre der Gangunterschied der interferirenden Strahlen um eine halbe Wellenlänge (oder überhaupt um eine ungerade Anzahl von halben Wellenlängen) gröfser oder kleiner, als er wirklich ist, *diefs jedoch nur unter der einzigen Bedingung, dafs sich noch eine Luftschicht zwischen den Gläsern befindet.*

Diese Umkehrung der Aetherschwingungen findet auch für einen *reflectirten* und senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Strahl Statt. Denn es ist für diesen Strahl, in welchem die Aetherschwingungen parallel mit der Einfallsebene und senkrecht gegen die Richtung desselben geschehen, die Vibrationsintensität dem Ausdrucke

$$\frac{\text{tang}(i-r)}{\text{tang}(i+r)}$$

gleich, der für die beiden Gränzen der Lamelle gleichfalls entgegengesetzte Vorzeichen hat.

Bekanntlich wird dieser Satz das *Young'sche Gesetz* genannt, weil Young, der zuerst die Newton'schen Ringe durch die Undulationstheorie zu erklären versuchte, nothwendig auf denselben geführt wurde, ohne ihn freilich bei dem damaligen Zustande der Optik beweisen zu können. Um es aber wenigstens zu versinnlichen, wie die Aetherschwingungen hier erfolgen, verglich er das Glas mit einer gröfseren Elfenbeinkugel, die Luft mit einer kleineren, und die Vibrationen der Elfenbeinmolecule mit denen des Aethers. So wie, wenn die gröfsere Kugel an die kleinere anschlägt, beide sich in derselben Richtung fortbewegen, wenn aber umgekehrt die kleinere an die gröfsere anstöfst, die erstere zurückprallt und beide nach entgegengesetzten Richtungen aus einander gehen, so erfolge auch eine Umkehrung in den Aetherschwingungen, je nachdem ein Strahl bei seinem Uebergange aus dem Glase in die Luft, oder aus der Luft in das Glas zurückgeworfen wird.

Vergröfsert oder verkleinert man also den Unterschied in den Wegen der beiden interferirenden homogenen Bündel (Fig. 1 Taf. I.) go und mo um eine halbe Wellenlänge oder überhaupt um eine ungerade Anzahl $2m+1$ von halben Wellenlängen, so wird ihr Gangunterschied in Folge der Gleichung (1):

$$(2)\quad \frac{2d\cos r}{\lambda} \pm \frac{(2m+1)\lambda}{2\lambda},$$

ihr Phasenunterschied also:

$$2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda} \pm \frac{2\pi(2m+1)\lambda}{2\lambda} = 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda} \pm (2m+1)\pi.$$

Man erhält aber die aus der Interferenz zweier ähnlich polarisirten und gleichfarbigen Strahlen (in denen die Aetherschwingungen parallel und die Wellenlängen gleich sind) resultirende Intensität, wenn man zur Summe ihrer Lichtstärken das doppelte Product der Quadratwurzeln aus denselben mit dem Cosinus des Phasenunterschiedes beider Strahlen addirt [1]). Man hat also die Intensität der beiden interferirenden Bündel go und mo, deren Lichtstärken α und $(1-\alpha)(1-\alpha')\alpha'$ sind (Seite 27):

$$J = \alpha + (1-\alpha)(1-\alpha')\alpha'$$
$$+ 2\sqrt{(1-\alpha)(1-\alpha')\alpha\alpha'}\cos\left[2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda} \pm (2m+1)\pi\right],$$

oder, wenn nur die erste Potenz der kleinen Gröfsen α und α' beibehalten wird, und wenn man erwägt, dafs $\cos(2m+1)\pi = -1$ und $\sin(2m+1)\pi = 0$:

$$J = \alpha + \alpha' - 2\sqrt{\alpha\alpha'}\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}$$
$$= \alpha + \alpha' - 2\sqrt{\alpha\alpha'}\left[1 - 2\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}\right]$$
$$= \left[\sqrt{\alpha} - \sqrt{\alpha'}\right]^2 + 4\sqrt{\alpha\alpha'}\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda},$$

oder endlich, wenn die an den beiden Gränzen der Lamelle reflectirten Lichttheile α und α' gleich gesetzt werden [2]):

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 91.

2) Die Lichttheile α und α' sind eigentlich dann nur völlig gleich, wenn die untere Gränze der Lamelle, wie in der Figur, auf welche sich diese

$$(3)\quad J = 4\alpha \sin^2 2\pi \frac{d \cos r}{\lambda},$$

aus welcher Gleichung sich alle, die Farben *des reflectirten Lichtes* betreffenden Umstände ergeben.

Sind die homogenen und gleichfarbigen interferirenden Strahlen nicht ähnlich polarisirte, sondern *natürliche* (nicht polarisirte), so läfst sich bekanntlich ein natürlicher Strahl im

Rechnung bezieht, der oberen parallel ist. Denn da die Lichtstärken den Quadraten der Vibrationsintensitäten proportional sind, so wird der an der oberen Gränze reflectirte Lichttheil α durch den Ausdruck $\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$ bestimmt, wenn das einfallende Licht, wie es hier angenommen wurde, nach der Einfallsebene polarisirt und seine Vibrationsintensität vor der Reflexion $= 1$ ist. Wäre also an der oberen Gränze der Lamelle z. B. $i = 30°$, und der Brechungsexponent aus dem Glase in die Luft $= \frac{3}{2}$, so ist $r = 48° 35'$ und $\alpha = \frac{\sin^2(30° - 48° 35')}{\sin^2 78° 35'} = 0{,}1057$.

An der unteren Gränze, wenn sie mit der oberen parallel ist, wäre dann der Einfallswinkel $i = 48° 35'$ und der Brechungswinkel $r = 30°$, der an der unteren Gränze von dem einfallenden Lichte reflectirte Theil α' also gleichfalls $= \frac{\sin^2(48° 35' - 30°)}{\sin^2 78° 35'} = 0{,}1057$, die an dieser Gränze reflectirte Lichtmenge aber $= (1-\alpha)\alpha' = 0{,}8943 \times 0{,}1057 = 0{,}0945$. Da indefs die Newton'schen Ringe zwischen einem Plan- und Convexglase oder zwischen zwei Convexlinsen entstehen, so ist der Brechungswinkel an der oberen Gränze dem Einfallswinkel an der unteren nicht völlig gleich, es ist jedoch der Unterschied zwischen beiden Winkeln nur ein sehr geringer. Denn entständen die Ringe z. B. zwischen einem Plan- und Convexglase mit einem Krümmungshalbmesser von 200 Zollen, so würde selbst zu der bedeutenden Entfernung 0,3 Zoll vom Berührungspunkte der Gläser nur ein Winkel von 5 Minuten am Mittelpunkte der Convexlinse gehören, und um eben diesen Winkel wäre dann der Einfallswinkel an der unteren Gränze gröfser, als der Brechungswinkel an der oberen. Der an der unteren Gränze reflectirte Lichttheil α' würde dann also den Werth $\frac{\sin^2(48° 40' - 30° 2')}{\sin^2 78° 42'} = 0{,}1061$ haben, der jedoch von dem vorigen nur um 0,0004 verschieden ist. Die oben gemachte Voraussetzung wird deshalb um so mehr zulässig, da im weiteren Verlaufe dieser Abhandlung die Intensitätsausdrücke sowohl für die reflectirten wie für die durchgelassenen Ringe auch noch in völliger Schärfe berechnet werden.

im Betreff seiner Intensität so ansehen, als sey er aus zweien zusammengesetzt, in denen die Aethervibrationen senkrecht gegen die Einfallsebene und in derselben geschehen, und von denen jeder die Hälfte der Intensität des natürlichen Strahles hat. Man mufs daher, wenn natürliches Licht auf die Lamelle fällt, die Intensität des in der Einfallsebene schwingenden Strahles gleichfalls $=1$ (Seite 27), die des natürlichen Lichtes folglich $=2$ setzen. Auch dieser Strahl zerlegt sich in die beiden in der Einfallsebene schwingenden und interferirenden *go* und *mo*, in deren einem, wie schon gesagt, gleichfalls eine Umkehrung in den Aetherschwingungen eintritt, und es bleibt daher für diese beiden Bündel zwar der Gangunterschied derselbe, wie für die beiden senkrecht gegen die Einfallsebene schwingenden; für jene aber geht der an jeder Trennungsfläche reflectirte Lichttheil in einen anderen Werth α'' über, so dafs $J=4\alpha''\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}$ wird. Denn da die Lichtstärken eben sowohl den Quadraten der Vibrationsintensitäten wie denen der Schwingungsweiten proportional sind [1]), so ist $\alpha=\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$ und $\alpha''=\frac{\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}$, beide Werthe sind also verschieden. Weil jedoch die *verhältnifsmäfsige* Intensität an jeder Stelle der Ringe lediglich von dem Gangunterschiede der interferirenden Bündel abhängt, und der Gangunterschied für beiderlei Strahlen, die in der Einfallsebene und senkrecht gegen dieselbe schwingenden, ein und derselbe ist: so wird es für die Bedingungen, von denen die stärkere oder geringere Intensität der Farben dünner Blättchen abhängt, gleichgültig, ob die homogenen einfallenden Strahlen als ähnlich polarisirte, oder als natürliche angenommen werden.

Nennt man, wie gewöhnlich, die hellsten Stellen die *Maxima*, und die dunkelsten die *Minima* der Lichtstärke, so hat man aus der Gleichung (3) bei schiefer Incidenz der Strahlen:

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 90.

(4) die Maxima für $d = \frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r} \ldots,$

und die Minima für $d = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r} \ldots,$

bei senkrechter Incidenz aber, für welche der Brechungswinkel $r = 0$ und $\cos r = 1$:

die Maxima für $d = \frac{\lambda}{4}, = \frac{3\lambda}{4}, = \frac{5\lambda}{4}, = \frac{7\lambda}{4} \ldots,$

und die Minima für $d = \frac{2\lambda}{4}, = \frac{4\lambda}{4}, = \frac{6\lambda}{4}, = \frac{8\lambda}{4} \ldots,$

weil in beiden Fällen für die erste horizontale Reihe $J = 4\alpha$ und für die zweite $J = 0$ wird. *Je nachdem daher bei senkrechter Incidenz der Strahlen die Tiefe der Lamelle eine ungerade oder gerade Anzahl von Viertelwellenlängen beträgt, ist das reflectirte Licht hell oder dunkel.*

Nimmt die Tiefe d der Lamelle nach und nach zu, wie zwischen dem Planglase (Fig. 2 Taf. I.) MN und der Convexlinse PQ mit dem Krümmungsdurchmesser $ab = 2\varrho$, so müssen sich, weil die Tiefen der Lamelle in gleichen Entfernungen von der Berührungsstelle a der Gläser gleich sind, bei der Anwendung *homogenen* Lichtes um a herum abwechselnd helle und dunkle Kreise zeigen, deren Halbmesser af den Quadratwurzeln aus der Tiefe $d = fk$ proportional sind, weil $af^2 = ag.ab = fk.ab = d.2\varrho$, wenn man den kleinen Bogen ak als eine gerade Linie und als gleich lang mit af ansieht. In Folge der Gleichungen (4) wachsen daher die Halbmesser (oder Durchmesser) der hellen Ringe im Verhältnifs der Quadratwurzeln $\sqrt{1}, \sqrt{3}, \sqrt{5} \ldots$, und die der dunklen im Verhältnifs der Quadratwurzeln $\sqrt{2}, \sqrt{4}, \sqrt{6} \ldots$, wie diefs schon Newton [1]) gefunden hat.

Sind beide Gläser die Convexlinsen (Fig. 3 Taf. I.) MN und PQ mit den Krümmungshalbmessern $af = \varrho$ und $ag = \varrho'$, so wird $d = pm = ab + ac$ die Summe der Sinus versus der beiden kleinen Bogen am und ap, die man wieder als gerade Linien und als gleich lang mit $aq = \theta$ ansehen

1) *Opt. lib. II. pars* 1, *observ.* 6.

kann. Man hat alsdann $ab:\theta=\theta:2\varrho$, und $ac:\theta=\theta:2\varrho'$, folglich

$$qm=ab=\frac{\theta^2}{2\varrho}, \text{ und } qp=ac=\frac{\theta^2}{2\varrho'}, \text{ mithin}$$

$$d=qm+qp=\frac{\theta^2}{2}\left[\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\varrho'}\right]=\frac{\theta^2}{2}\left[\frac{\varrho+\varrho'}{\varrho\varrho'}\right],$$

und aus (3):

$$J=4\alpha\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}=4\alpha\sin^2\frac{\pi\theta^2(\varrho+\varrho')\cos r}{\varrho\varrho'\lambda}.$$

Es treten also ein

die Maxima 4α für $\theta^2=\frac{\varrho\varrho'\lambda}{2(\varrho+\varrho')\cos r}, =\frac{3\varrho\varrho'\lambda}{2(\varrho+\varrho')\cos r}\cdots,$

und die Minima Null für $\theta^2=\frac{2\varrho\varrho'\lambda}{2(\varrho+\varrho')\cos r}, =\frac{4\varrho\varrho'\lambda}{2(\varrho+\varrho')\cos r}\cdots,$

woraus gleichfalls die unter (4) angegebenen Gesetze folgen, weil die Quadrate der Ringhalbmesser θ sich wie die Tiefen d der Lamelle verhalten. Für dieselbe Farbe mit der Wellenlänge λ und für denselben Werth von r verhalten sich also die Halbmesser θ der gleichvielten hellen oder dunklen Ringe wie $\left[\frac{\varrho\varrho'}{\varrho+\varrho'}\right]^{\frac{1}{2}}$, und es werden daher diese Halbmesser um so gröfser, je gröfser man ϱ und ϱ' nimmt. Ist das eine Glas, wie in der vorigen Figur, ein ebenes, so wird $\varrho'=\infty$. Für dieselben Werthe von λ und r verhalten sich dann also die Halbmesser θ der gleichvielten hellen oder dunklen Ringe wie $\varrho^{\frac{1}{2}}$.

Für die Tiefe Null der Lamelle, für welche sich keine Luft mehr zwischen den Gläsern befindet, kann eben deshalb auch keine Umkehrung in den Aetherschwingungen eintreten (Seite 30). Für diese Tiefe fällt daher das zweite Glied in dem Gangunterschiede (2) fort, so dafs für $\alpha=\alpha'$:

$$(5)\quad J=2\alpha+2\alpha\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}$$

$$=2\alpha+2\alpha\left[2\cos^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}-1\right]=4\alpha\cos^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}$$

wird, *die Intensität der Mitte des Ringsystems also, wenn die Gläser für* $d=0$ *und* $\cos 0^\circ=1$ *sich berühren, nicht ein Minimum, wie man bisher behauptet hat, sondern ein*

Maximum 4α *seyn*, und der erste helle Ring, der für die Tiefe $\frac{\lambda}{4\cos r}$ sich bildet, an diese helle Mitte ohne dunkle Unterbrechung sich anschliefsen mufs, da der erste dunkle Ring erst bei der Tiefe $\frac{2\lambda}{4\cos r}$ entstehen kann.

Diefs Resultat der Undulationstheorie habe ich durch wiederholte Messungen mit dem *Gyreidometer* [1]), die mit Linsen von verschiedenen Krümmungshalbmessern angestellt wurden, bestätigt gefunden. Hatte ich z. B. in dem orangefarbenen Lichte, das man durch Alkohol und Chlornatrium erhält, eine planconvexe Linse mit einem Krümmungshalbmesser von 174 Englischen Zollen einem planparallelen Glase so weit genähert, dafs der Centralfleck im Mikroskope völlig dunkel erschien, so entsprachen die Ringhalbmesser nicht dem Verhältnifs der Quadratwurzeln aus den natürlichen Zahlen, sondern sie wichen vielmehr bedeutend von demselben ab [2]). Entfernte ich aber die Gläser aus dieser Stellung um 24 Milliontel Zoll von einander, *so dafs in der Mitte des Ringsystems die orangefarbenen Strahlen im Mikroskope überall wieder vorherrschend waren:* so habe ich für die Halbmesser der ersten fünf dunklen Ringe und für eine senkrechte Incidenz des Lichtes unter Berücksichtigung der erforderlichen Correctionen [3]) folgende Werthe erhalten:

Reflectirtes Licht.

Halbmesser der dunklen Ringe:

des ersten	zweiten	dritten	vierten	fünften
0,0610″	0,0862″	0,1054″	0,1222″	0,1364″,

die den obigen Quadratwurzeln so genau entsprechen, wie diefs von so überaus feinen Messungen nur erwartet wer-

1) Diese Ann. Bd. 81, S. 264.

2) Auch Newton sagt, er habe die Gläser, damit die Ringhalbmesser im Verhältnifs der Quadratwurzeln aus den natürlichen Zahlen zunahmen, nicht an einander pressen, sondern sie ohne jeden anderen Druck, als den durch das Gewicht der oberen Linse bewirkten, nur auf einander legen müssen. *Opt. lib. II. pars* 1, *observ.* 6.

3) Diese Ann. Bd. 80, S. 415.

den kann. So soll sich für den zweiten und fünften dunklen Ring $0{,}0862^2 : 0{,}1364^2 = 0{,}00743 : 0{,}01860 = 4 : 10 = 2 : 5$ verhalten, wie dieſs auch der Fall ist, da das Product der äuſseren Glieder mit dem der inneren bis auf vier Stellen übereinstimmt.

Da demnach die Schwärze, die der Centralfleck bei einem stärkeren Zusammenpressen der Gläser im Tages- und homogenen Lichte zeigt, aus der Gleichung (3) für $d = 0$ nicht erklärt werden darf, weil dieser Gleichung die Voraussetzung einer Umkehrung der Aetherschwingungen zum Grunde liegt, eine solche Umkehrung aber für die Entfernung Null der Gläser nicht möglich ist, so muſs der Ursprung jener Schwärze irgend ein anderer seyn. Die Gründe für meine Ansicht, daſs sie *durch durchgelassenes Licht* in ähnlicher Weise entstehe, wie die Stelle eines Spiegels, an der die Folie fehlt, des hier durchgelassenen Lichtes wegen gegen den übrigen hellen Spiegelhintergrund schwarz erscheint, oder wie der innere auch noch so helle Raum eines Zimmers, durch eine Oeffnung von auſsenher betrachtet, im durchgelassenen Tageslichte um so schwärzer sich zeigt, je kleiner die Oeffnung ist, habe ich bereits früher in diesen Annalen [1]) angegeben, und darf deshalb auf eine ausführliche Wiederholung dieser Gründe hier nicht eingehen.

Schon dadurch, daſs man ein dreiseitiges Glasprisma an eine Convexlinse preſst, und das Auge in verschiedene Stellungen gegen das einfallende Tageslicht bringt, kann man sich von der Wahrheit dieser meiner Ansicht überzeugen. Wird das Auge so gehalten, daſs man die Berührungsstelle der Gläser innerhalb des *bläulichen Bogens* sieht, so erscheint der von Ringen umgebene Centralfleck schwarz. Wird aber das Auge tiefer geneigt, so daſs die Berührungsstelle unmittelbar über dem bläulichen Bogen liegt, so sieht man den Centralfleck nicht mehr schwarz, wie es unter allen Umständen geschehen müſste, wenn seine Schwärze durch Interferenz, durch eine Vernichtung des Lichtes in sich selbst entstände, sondern *in der prismatischen Farbe, die gerade*

1) Bd. 80, S. 407.

an der Stelle durchgelassen wird, an welcher sich die Gläser berühren. Wird endlich das Auge noch tiefer geneigt, bis man die Berührungsstelle oberhalb des bläulichen Bogens in der Gegend der totalen Reflexion erblickt, so erscheint der Centralfleck wieder schwarz, ohne jedoch von farbigen Ringen umgeben zu seyn. Ringe können hier nicht entstehen, weil da, wo sie sich zeigen müfsten, überhaupt keine Strahlen durchgelassen werden, die nach ihrer Reflexion von der Linse mit den von der Basis des Prisma reflectirten interferiren könnten. Schwarz aber erscheint der Centralfleck, weil hier beide Gläser gleichsam eine einzige zusammenhängende Masse bilden, die den Strahlen einen ungehemmten *Durchgang* gestattet. Denn wäre an der Berührungsstelle noch eine Luftschicht vorhanden, so müfste auch hier eine totale Reflexion stattfinden, und der Centralfleck eben so hell, wie der übrige Hintergrund erscheinen. Ist aber keine Luft zwischen den Gläsern, so kann auch keine Umkehrung in den Aetherschwingungen eintreten, die Schwärze des Centralfleckes folglich nicht durch Interferenz entstehen. Schon diese Versuche gewähren also die Ueberzeugung, dafs der Ursprung der Schwärze des Centralfleckes lediglich in den an der Berührungsstelle durchgelassenen Strahlen zu suchen sey.

Bekanntlich zeigt sich der obere Gipfel einer Seifenblase, kurz vor dem Zerplatzen derselben, wenn die Wasserlamelle hier schon sehr dünn geworden ist, im Tageslichte gleichfalls schwarz. Auch diese Schwärze hat man aus einer Umkehrung der Aetherschwingungen an der einen Gränze dieser äufserst dünnen Schicht erklärt. Da die Tiefe derselben keinesweges absolut Null ist, so wäre hier eine solche Umkehrung theoretisch nicht unmöglich; nichtsdestoweniger kann hierin die Hauptursache der Schwärze nicht liegen, weil aus der Interferenz aller farbigen Strahlen, nachdem sie alle denselben Weg zurückgelegt haben, ihrer verschiedenen Wellenlängen wegen nicht einmal Dunkelheit, und noch viel weniger jene tiefe Schwärze resultiren würde. So hat man also auch hier den Ursprung dersel-

ben vornehmlich darin zu suchen, dafs die Lichtstrahlen von dieser äufserst dünnen Schicht in das Innere der Seifenblase durchgelassen werden, zumal da die Lamelle hier nicht, wie bei den Newton'schen Ringen, auf beiden Seiten von einem dichteren Mittel, sondern von der dünneren Luft umgeben wird.

In Folge der Gleichungen (4) ist ferner bei senkrechter Incidenz der Strahlen z. B. für das zweite Maximum die Tiefe d der Lamelle $=\frac{3\lambda}{4}$, und bei schiefer Incidenz die Tiefe $d'=\frac{3\lambda}{4\cos r}=\frac{3\lambda}{4}\sec r=d\sec r$. Da nun immer $\sec r>1$, so mufs die Tiefe, die zu einer bestimmten hellen (oder dunklen) Stelle bei schiefer Incidenz gehört, gröfser seyn, als sie es bei senkrechter ist, und es müssen sich daher die Ringe um so mehr ausbreiten, je schiefer das Licht einfällt, wie diefs auch den Beobachtungen entspricht. So habe ich, wenn die vorhin erwähnten Gläser im Tageslichte so weit genähert waren, *dafs in der weifsen Mitte des Ringsystems eben erst eine schwache Verdunkelung im Mikroskope sich zu zeigen begann*, für den Einfallswinkel r aus der Luft in das Parallelglas $=30^\circ\,4'$ den Halbmesser des zweiten rothen (scharlachfarbenen) Ringes $=0{,}0867$ Engl. Zoll, und für $r=47^\circ\,4'$ denselben Halbmesser $=0{,}0982$ Zoll gefunden. Da sich die Tiefen wie die Quadrate der Ringhalbmesser verhalten, so mufs $0{,}0867^2:0{,}0982^2=0{,}007517:0{,}009643=\sec 30^\circ\,4':\sec 47^\circ\,4'=\cos 47^\circ\,4':\cos 30^\circ\,4'=0{,}6811:0{,}8654$ seyn, wie diefs auch der Fall ist.

Die Tiefen der Lamelle bei senkrechter und schiefer Incidenz der Strahlen haben also das Verhältnifs $1:\sec r$, und *es kommt daher die Regel, die Newton aus seinen Messungen für diefs Verhältnifs folgern zu können glaubte*[1]*, nur für kleine Einfallswinkel der Wahrheit nahe.* Ist nämlich i wieder der Einfallswinkel im Glase, r der Brechungswinkel in der Luftlamelle, μ der Brechungsexponent aus dem Glase in die Luft, der $\frac{1}{1{,}7}$ für das Glas war, dessen

1) *Opt. lib. II. pars* 1, *observ.* 7. *Traité de Physique par Biot, tom. IV, pag.* 28.

Newton sich bediente, d die Tiefe der Lamelle bei senkrechter und d' bei schiefer Incidenz, so bestimmt er das Verhältnifs beider Tiefen durch die Gleichung:

$$d' = d \sec u,$$

wenn der Winkel u aus der Gleichung:

$$\sin u = \sin r - \frac{1}{106}(\sin r - \sin i)$$

oder, da $\sin i = \mu \sin r$, aus der Gleichung:

$$\sin u = \frac{(105+\mu)\sin r}{106} = \left[1 - \frac{1-\mu}{106}\right] \sin r$$

berechnet wird, aus der sich, wenn man den kleinen Bruch $\frac{1-\mu}{106} = k$ setzt, und die höheren Potenzen von k und $\sin^2 r$ unberücksichtigt läfst:

$$\cos u = \left[1 - (1-k)^2 \sin^2 r\right]^{\frac{1}{2}} = \left[\cos^2 r + 2k \sin^2 r\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \cos r + \frac{k \sin^2 r}{\cos r} = \cos r \left[1 + k \tang^2 r\right]$$

ergiebt, so dafs

$$\sec u = \sec r \left[1 - k \tang^2 r\right],$$

und $\sec u = \sec r$ nur in dem Falle, wenn der Winkel r so klein ist, dafs man auch $k \tang^2 r$ ohne merklichen Fehler auslassen kann.

Die aus der Undulationstheorie sich ergebenden Resultate, von deren Wahrheit ich mich durch wiederholte Beobachtungen und Messungen überzeugt habe, die jedoch mit der bisherigen auf die Zuverlässigkeit aller Angaben Newton's gegründeten Theorie der Farbenringe nicht übereinstimmen, sind demnach folgende:

1. *Für die absolute Berührung (die Entfernung Null) der Gläser ist die Mitte des Ringsystems nicht im Minimum, sondern vielmehr (bis auf wenige Strahlen, die bei dieser innigen Berührung der Linsen mehr, als es in den anderen*

Maximis geschieht, durchgelassen werden) *im Maximum der Intensität.*

2. *Werden die Gläser über ihre absolute Berührung hinaus zusammengepreſst, so entsteht die Schwärze des Centralfleckes nicht durch Interferenz, sondern durch durchgelassenes Licht.*

3. *Bei verschiedenen Incidenzen der Strahlen verhalten sich die zu demselben Ringe gehörigen Tiefen der Luftlamelle wie die Secanten der Einfallswinkel aus der Luft in das Glas.*

Die mittleren Lufttiefen *für die Gränzen der prismatischen Farben* fand Newton den Kubikwurzeln aus den Quadraten der Brüche 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ nahe proportional [1]), derselben Brüche, aus denen er bekanntlich die Analogie zwischen den Farben und Tönen ableiten wollte. Ist also die mittlere Lufttiefe z. B. für den ersten Ring im äufsersten Roth $= a$, so ist sie für denselben Ring und für die Gränze zwischen Roth und Orange $= \left[\frac{64}{81}\right]^{\frac{1}{3}} a = 0{,}9243\,a$, für die Gränze zwischen Orange und Gelb $= \left[\frac{25}{36}\right]^{\frac{1}{3}} a = 0{,}8855\,a$, für die Gränze zwischen Gelb und Grün $= \left[\frac{9}{16}\right]^{\frac{1}{3}} a = 0{,}8255\,a$ u. s. w. Für die Gränze zwischen Orange und Gelb berechnete Newton die mittlere Lufttiefe $= \frac{1}{178000} = 5{,}618$ Milliontel Zoll Engl. [2]). Für das äufserste Roth folgt also hieraus die mittlere Lufttiefe $a = \frac{5{,}618}{0{,}8855} = 6{,}34$ Milliontel Zoll, wodurch zugleich die mittleren Lufttiefen für die Gränzen der anderen Farben bekannt sind.

1) *Opt. lib. II. pars* 1, *observ.* 14. Bemerkenswerth ist die Eigenschaft dieser Brüche, dafs jede zwei gleich weit von den beiden Enden entfernten dasselbe Product $\frac{1}{2}$ geben.

2) *Opt. lib. II. pars* 1, *observ.* 6.

(Schlufs im nächsten Heft.)

III. *Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und den optischen Axen; von Plücker und Beer.*

[*a*. Krystalle, deren optische Axen in der symmetrischen Ebene liegen (Fortsetzung von Bd. 81, S. 162.)]

5. Essigsaures Kupferoxyd.

Die symmetrische Ebene geht durch die spitzen Kanten der schiefen rhombischen Säule. Der Winkel an diesen Kanten beträgt 72°, der Winkel, den die Axe der Säule mit der Basis bildet, 63°. Die Krystalle sind nach den Flächen der Grundform spaltbar (Kopp).

Wir verdanken zwar kleine, aber sehr schöne, bei nicht zu grofser Dicke durchsichtige, Krystalle der Güte des Hrn. Dr. C. Stammer. Die einfachsten derselben waren durch die Flächen der Grundform begränzt und bildeten entweder Säulen oder Platten. In den Platten war entweder eine Seitenfläche der Säule vorherrschend oder die Basis. In diesem letztern Falle waren sie sowohl für die optischen als auch für die magnetischen Bestimmungen vollkommen geeignet. Sie unterscheiden sich von den anderen Platten im Polarisations-Apparate unmittelbar dadurch, dafs sie, bei gekreuzten Spiegeln, dann die gröfste Dunkelheit geben, wenn eine derjenigen beiden geraden Linien, welche ihre Winkel halbiren, in die ursprüngliche Polarisations-Ebene fällt.

Essigsaures Kupferoxyd ist in ausgezeichneter Weise dichromatisch. Wenn im Polarisations-Apparate die erste und zweite Polarisations-Ebene zusammenfallen, so zeigen die fraglichen Platten bei etwa 1^{mm} Dicke entweder eine tief blaue Farbe (der des Kupfervitriols ähnlich, nur etwas mehr nach dem Violetten hin) oder eine schöne pistaziengrüne, je nachdem die symmetrische Ebene auf der ursprünglichen Polarisations-Ebene senkrecht steht oder mit derselben zusammenfällt.

In dem dunklen Felde des Polarisations-Mikroskopes zeigte die Platte ähnliche isochromatische Curven wie eine etwas dicke Glimmerplatte unter denselben Verhältnissen, und wenn die symmetrische Ebene der Platte mit der ersten Polarisations-Ebene zusammenfällt, bei einer geringen Neigung ein schönes System von mehr Ringen als gewöhnlich — dem Bilde im monochromatischen Lichte hierin sich annähernd. Wir können hiernach den Winkel der optischen Axen annäherungsweise zu 15° annehmen. Diese Axen liegen in der symmetrischen Ebene und ihre Mittellinie steht, wie es scheint, nach der Richtung der Säulenaxe abgelenkt, nahezu auf der Basis senkrecht. Der tiefen Färbung des Krystalls wegen liefsen verschiedene Farben im Bilde sich nicht unterscheiden. Es ist derselbe in optischer Beziehung *positiv* [1]).

Dieselbe Platte, welche zu den vorstehenden Bedingungen gedient hatte, etwa 1^{mm} dick und von der Form eines Rhombus von 10^{mm} Seitenlänge, verhielt sich magnetisch: offenbar in Folge von beigemischtem Eisen. Erstens horizontal aufgehängt, zweitens so, dafs die kurze, und drittens so, dafs die lange Diagonale vertical war, stellte sich die Platte immer gegen den Magnetismus der Form und zwar bei der ersten Aufhängung mit der symmetrischen Ebene, bei den beiden anderen Aufhängungen mit der Basis sehr entschieden aequatorial. Hierauf wurde eine andere natürliche Platte, durch parallele Seitenflächen der Grundform begränzt, vertical aufgehängt: in ihrer Ebene gedreht, nahm sie, durch die axiale Lage hindurchgehend,

1) Wir bedienen uns gewöhnlich, um zu bestimmen, ob ein Krystall in optischer Hinsicht positiv oder negativ sey, eines Gypsblättchen, welches noch so dick ist, dafs es keine Farben zwischen den Polarisations-Spiegeln giebt und legen dasselbe in dem Soleil-Amici'schen Polarisations-Mikroskope unmittelbar unter der Sammellinse auf. Wir finden dieses Verfahren, wenigstens überall da, wo die Ringe nicht sehr grofs sind, der Anwendung eines Glimmerblättchens vorzuziehen, welches schon so dünn ist, dafs es keine Farben mehr giebt und etwa, wie Hr. Dove es verlangt, eine Verzögerung von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge des einen durchgehenden Strahles gegen den andern hervorbringt.

im Allgemeinen schiefe Stellungen an. *In* magnetischer Hinsicht ist also essigsaures Kupferoxyd *negativ*. *Die beiden magnetischen Axen liegen in der Ebene der Basis, deren lange Diagonale ihre Mittellinie ist.*

Zur Erregung des Magnetismus war zu diesen Bestimmungen die Anwendung von zwei oder drei Grove'schen Elementen vollkommen hinreichend.

6. Essigsaures Bleioxyd.

Die symmetrische Ebene geht durch die spitzen Kanten der schiefen rhombischen Säule. Der Winkel an diesen Kanten beträgt 52°, der Winkel, den die Axe der Säule mit der Basis bildet, 70° 28′ (Kopp). Diejenigen Krystalle, die uns zu Gebote standen und dem Handel entnommen wurden, waren, durch Ausbreitung der Basis nach einer oder nach beiden Dimensionen entstanden, entweder Säulen oder Platten. Die Säulen hatten, aufser der Basis der Grundform, Ebenen, welche auf der symmetrischen Ebene senkrecht stehen und die spitzen Kanten der Grundform fortnehmen, zu Seitenflächen. (Der spitze Kanten-Winkel dieser abgeleiteten Säule ist also demjenigen Winkel gleich, den die Axe der Grundform mit der Basis derselben bildet.) Essigsaures Bleioxyd ist nach den Seitenflächen der fraglichen abgeleiteten Säule spaltbar.

Man sieht die beiden Ringsysteme, wenn man annäherungsweise senkrecht gegen die Spaltungsflächen hindurchsieht. Brewster bestimmt den Winkel der beiden optischen Axen zu 70° 25′. Uns scheint diese Angabe zu grofs. Auch fanden wir den Krystall optisch *positiv*, während der genannte Physiker (nach Herschel) ihn als *negativ* bezeichnet.

Nach dem Vorstehenden ist die symmetrische Ebene die Ebene der beiden optischen Axen. Für verschiedene Farben weichen diese Axen sehr weit von einander ab. In Folge davon sehen die beiden Bilder im Polarisations-Apparate den Bildern beim Seignette-Salz sehr ähnlich, nur

mit dem wesentlichen Unterschiede, dafs, während bei dem letztgenannten Salze die Axen für violette Strahlen der Mittellinie zunächst liegen, hier, im Gegentheile, die beiden Axen für rothe Strahlen mit derselben den kleinsten Winkel bilden. Die Mittellinie der Axen für die verschiedenen Strahlen ist anscheinend dieselbe, und somit haben wir das gleiche optische Verhalten wie bei Krystallen, deren Grundform die gerade rhombische Säule ist.

Bei der grofsen Abweichung in der Richtung der optischen für verschiedene Farben, liegen dieselben genau in derselben Ebene, was abgesehen davon, dafs es die allgemeine Regel ist, hier sehr deutlich darin sich zeigt, dafs bei gekreuzten Spiegeln, wenn die ursprüngliche Polarisations-Ebene mit der symmetrischen Ebene zusammenfällt, jedes der beiden Bilder in der Mitte einen sehr scharf gezeichneten schwarzen Strich in der genannten Ebene zeigt.

Die Masse des Salzes ist diamagnetisch. — Als eine der beschriebenen abgeleiteten Säulen vertical aufgehängt wurde, so dafs also die symmetrische Ebene horizontal war, stellte sich mit Entschiedenheit die die stumpfen Kantenwinkel halbirende Ebene, von Pol zu Pol, die Linien der gröfsten Elasticität also aequatorial. Wurde dieselbe Säule, die etwa doppelt so lang als dick war, mit ihrer Axe horizontal in der Weise aufgehängt, dafs die Basis der Grundform vertical war, so stellte sie sich zwischen den Polspitzen, wie ein rein diamagnetischer Körper, warf sich aber bei einer Hebung, gegen Diamagnetismus, mit ihrer Axe in die axiale Lage herum, so dafs die symmetrische Ebene aequatorial gerichtet war. War aber, bei der horizontalen Aufhängung der Säule, die Basis ebenfalls horizontal, so zeigte sich erst dann eine schwache Axenwirkung, nachdem die Säule verkürzt und ihre Dimension nach der Axe nur noch sehr wenig überwiegend.

Aus einer der oben erwähnten Platten wurde eine Säule geschnitten, deren Axe schief gegen die symmetrische Ebene lag. Diese stellte sich, horizontal aufgehängt und um ihre Axe gedreht, durch die *aequatoriale* Lage hindurchgehend

im Allgemeinen schief. Die magnetische Axenwirkung ist *negativ*.

b. Krystalle, deren optische Axen in einer Ebene liegen, die auf der symmetrischen Ebene senkrecht steht.

Das allgemeine Gesetz ist, das hier für verschiedene Farben die Ebene der beiden optischen Axen verschiedene Lagen hat. Die Mittellinie zwischen diesen Axen liegt entweder in der symmetrischen Ebene oder steht auf ihr senkrecht. Diejenige (gröfste oder kleinste) Elasticitäts-Axe, welche auf der symmetrischen Ebene senkrecht steht, bleibt dieselbe für alle Farben, während, bei den unter *a.* zusammengestellten Krystallen, die mittlere Elasticitäts-Axe immer dieselbe ist. Während beim Uebergange von einer Farbe zur anderen die Ebene der beiden Axen um die Normale auf der symmetrischen Ebene sich dreht, ändert sich, im Allgemeinen, auch der Winkel der beiden optischen Axen, indem diese jener Normalen sich annähern oder sich von ihr entfernen. Die Richtungen, welche nach einander jede der beiden optischen Axen in verschiedenfarbigem Lichte annimmt, liegen, annäherungsweise wenigstens, in derselben Ebene. Wir wollen, weil diese Auffassung ein neues Wort verlangt, diese Ebene die *Dispersions-Ebene der optischen Axe* nennen. Den beiden Axen-Systemen entsprechend, giebt es solcher Dispersions-Ebenen zwei, die bei den Krystallen unserer Gruppe mit der Ebene der beiden (mittleren) optischen Axen gleiche Winkel bilden und die symmetrische Ebene nach derselben Richtung schneiden.

Wenn wie bei den bisher untersuchten Krystallen, bei einer Aenderung der Farbe, keine Aenderung der Drehung der Ebene der beiden optischen Axen stattfindet, so fallen natürlich die beiden Dispersions-Ebenen mit der eben genannten Ebene zusammen. Bei den nun in Rede stehenden Krystallen bilden jene Ebenen mit dieser einen (spitzen) Winkel, der um so gröfser wird, je mehr die Drehung der Ebene der Axen für verschiedene Farben überwiegend ist, in Beziehung auf die Aenderung des von den beiden

optischen Axen eingeschlossenen Winkels. Bleibt dieser Winkel für alle Farben derselbe, so stehen die beiden Dispersions-Ebenen auf der Ebene der beiden optischen Axen senkrecht, wie dieſs zum Beispiel beim unterschwefligsaurem Natron der Fall ist.

Wenn man nach der Richtung einer der beiden (mittleren) optischen Axen durch einen Krystall, bei gekreuzten Spiegeln des Polarisations-Apparates hindurchsieht, so erkennt man in dem Bilde sogleich die fragliche gegenseitige Lage der Axen für verschiedene Farben [1]). Nehmen wir zum Beispiel eine Platte des eben genannten Salzes, die senkrecht gegen eine (mittlere) optische Axe geschnitten ist, und bringen diese Platte in eine solche Lage, daſs die Ebene der Axen mit der ursprünglichen Polarisations-Ebene zusammenfällt, so treten die mehr oder weniger brechbaren Farben zu den beiden Seiten des schwarzen

1) Wir müssen mit Vorsicht zu Werke gehen, wenn wir aus der Art und Weise, wie die Farben im Bilde auftreten, auf die Lage der Axen für die verschiedenen Farben schlieſsen wollen. Wenn die Färbung (wie beim Gypse, in dem Falle, daſs die Ebene der optischen Axen mit der ursprünglichen Polarisations-Ebene zusammenfällt) in Beziehung auf die Mittellinie des Büschels symmetrisch ist, so liegt nach derjenigen Seite hin, wo etwa die blau-violette Färbung auftritt, auch die Axe für die Strahlen von gleicher Farbe; wenn aber die blau-violette Färbung an einer der beiden Seiten des Büschels sich hinzieht, (in dem Falle, daſs wir die obige Glasplatte in ihrer Ebene um 45° drehen) so liegt, umgekehrt, die entsprechende optische Axe nach der entgegengesetzten Seite. Das Ausführlichere muſs einer besonderen Ausführung überlassen bleiben.

Bei der Schätzung der Gröſse der Dispersion dürfen wir nicht auſser Acht lassen, daſs, wie auch die Dicke der Platte zunehmen mag — wobei die Ringsysteme in erster Annäherung sich so zusammenziehen, daſs ihre Dimensionen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Dicken der Platten sich verhalten — in Folge der Dispersion der optischen Axen, die verschiedenen Farben in dem Bilde immer *gleich weit* aus einander treten. Bei zunehmender Dicke der Platte verkleinert sich nicht bloſs das Bild, sondern es erleidet auch in Beziehung auf Färbung eine wesentliche Aenderung, und man erkennt zum Beispiele in dem Bilde einer dünnen Gypsplatte das Bild einer dicken gleichgeschnittenen nicht wieder.

Büschels auf, und das Bild ist, in Beziehung auf eine auf dem Büschel senkrecht stehende gerade Linie symmetrisch. Drehen wir die Platte in ihrer Ebene, so dreht sich zugleich der Büschel um denselben Winkel, aber nach *entgegengesetzter* Richtung; während die Dispersions-Ebene um denselben Winkel nach *derselben* Richtung sich dreht. Bei einer Drehung von 45° fällt also die Mittellinie des Büschels in die Dispersions-Ebene und theilt das Bild in zwei symmetrische Hälften, wie es bei den bisher betrachteten Krystallen bei der ursprünglichen Lage, wo die Polarisations-Ebene und die Ebene der optischen Axen zusammenfallen, der Fall ist. Bei einer Drehung von 90° erscheint das frühere Bild wieder, nur um denselben Winkel in seiner Ebene gedreht.

Wenn die beiden Dispersions-Ebenen mit der Ebene der beiden (mittlern) optischen Axen irgend einen Winkel φ bilden, so müssen wir die Krystallplatte, von der obigen Normallage aus nach gehöriger Richtung, um den Winkel $\frac{1}{2}\varphi$ drehen, wenn in Beziehung auf die Mittellinie des schwarzen Büschels die Farben symmetrisch liegen sollen, und um $(90^0 - \frac{1}{2}\varphi)$, wenn die Farben von gröfserer und geringerer Brechbarkeit zu beiden Seiten derselben der Länge nach sich hinziehen sollen. Um 90° weiter gedreht, erhalten wir überhaupt immer dasselbe Bild, nur ebenfalls um diesen Winkel gedreht. Der Winkel φ läfst sich hierauf leicht mit einiger Genauigkeit bestimmen [1]).

Bei

1) Nennen wir den halben Winkel, den die beiden mittlern optischen Axen mit einander bilden, n, die Aenderung, welche dieser Winkel für eine extreme Farbe erleidet, δ, die Drehung, welche die Ebene der optischen Axen für diese Farbe erhält, d, so ist ein sphärisches Dreieck bestimmt, in welchen die Seite $(n+\delta)$, der Winkel d, die Seite n und der fragliche Winkel φ vier auf einanderfolgende Stücke sind. Demnach ist

$$\operatorname{cotg}\varphi = \frac{\operatorname{cotg}(n+\delta)\sin n - \cos d \cos n}{\sin d},$$

und wenn wir höhere Potenzen von δ und d vernachlässigen, ergiebt sich:

$$\operatorname{cotg}\varphi = -\frac{\delta}{d}\cdot\frac{1}{\sin^2 n},$$

mithin:

$$\operatorname{tang}\varphi = -\frac{d}{\delta}\cdot\sin^2 n.$$

Bei den Krystallen unserer Gruppe sind nothwendig die beiden Ringsysteme in Beziehung auf Färbung einander vollkommen gleich, was bei den unter *a* betrachteten Krystallen nicht der Fall ist, wie es zum Beispiele beim Gyps beobachtet wurde.

1. Unterschwefligsaures Natron.

Die symmetrische Ebene geht durch die stumpfen Kanten der rhombischen Säule, deren Seitenflächen den spitzen Winkel von 35° 36′ einschliefsen, und deren Axe mit der Basis einen Winkel von 76° 2′ bildet. Die scharfen Seitenkanten der Grundform werden durch Flächen, welche der symmetrischen Ebene parallel sind, weggenommen. Der Winkel der optischen Axen, deren Mittellinie auf der symmetrischen Ebene senkrecht steht, beträgt nahe 80°, und ihre Ebene bildet mit der Basis der rhombischen Säule einen Winkel von nahe 31° und mit deren Axe einen Winkel von nahe 45°. Der Winkel der optischen Axen ist für die verschiedenen Farben derselbe. Die Ebene derselben bildet mit der Basis der Grundform für rothe Strahlen einen gröfseren Winkel als für die stärker brechbaren Strahlen. Unterschwefligsaures Natron ist in optischer Hinsicht *positiv*.

Die Masse des Salzes ist stark diamagnetisch.

Es standen uns sehr schöne, vollkommen wasserhelle Krystalle in Säulen von etwa 40^{mm} Länge und 6^{mm} Dicke zu Gebote. Zum Behuf der Untersuchung über die magnetische Axenwirkung wurde einer solchen Säule eine Länge von 10^{mm} gegeben und ihre senkrechte Basen mit Wasser auf Glas angeschliffen. Der Abstand der Polspitzen betrug 25^{mm}. Wenn die Säule zwischen denselben so aufgehängt wurde, dafs die Axe derselben vertical war, so stellte sich die symmetrische Ebene axial und zwar bei einer spätern Wiederholung auch dann noch, wenn diese Stellung dadurch, dafs die spitzen Kanten noch mehr fortgenommen wurden, als sie es von Natur schon waren, mit der rein diamagnetischen Wirkung im Widerspruche stand.

Bei einer horizontalen Aufhängung stellte sie sich, sowohl wenn die symmetrische Ebene vertical als auch wenn sie horizontal war, in Uebereinstimmung mit Diamagnetismus, zwischen den Polspitzen aequatorial, warf sich aber, bei einer Erhebung von nicht 20^{mm} beidesmal mit Entschiedenheit in die axiale Lage herum.

Endlich wurde noch, um zu entscheiden, ob das unterschwefligsaure Natron in magnetischer Hinsicht positiv oder negativ sey, aus einer Säule gegen deren Axe unter einem Winkel von nahe 45° und senkrecht auf die symmetrische Ebene eine Platte geschnitten. Diese Platte stellte sich bei verticaler Aufhängung, wenn die Axe der Säule in der Verticalebene lag, genau in die aequatoriale Lage; wurde sie aber, bei fortwährend verticaler Aufhängung, gedreht, so wich sie von dieser Lage ab und zwar dann am meisten (nach dem Augenscheine um 45°), wenn die Axe der Säule horizontal war.

Aus dem Vorstehenden ziehen wir die Folgerung, dafs *das unterschwefligsaure Natron zwei positive magnetische Axen hat, die in der symmetrischen Ebene liegen und zu ihrer Mittellinie die Axe der Säule haben.*

2. Borax.

Der spitze Winkel der Seitenflächen der schiefen rhombischen Säule beträgt 87°, die Axe bildet mit der Basis einen Winkel von 73° 25′. Die symmetrische Ebene geht durch die spitzen Seitenkanten der Säule.

Die Mittellinie der optischen Axen steht auf der symmetrischen Ebene, die zugleich Spaltungsfläche ist, senkrecht. Die Ebene der Axen bildet mit der Basis einen Winkel von nahe $18\frac{1}{7}$°, mit der Säulenaxe einen Winkel von 55°. Eine durch Spaltungsflächen begränzte Platte zeigt, bei geringer Neigung, die beiden Ringsysteme. Wir fanden durch eine solche Platte, die eine Verwechslung der Lage der beiden Bilder gegen einander nicht zuliefs, dafs der Krystall in optischer Hinsicht sich *negativ* verhält, was auch die HH. Tyndall und Knoblauch neuer-

dings bestätigt haben, während Brewster den Krystall als positiv bezeichnet und zugleich als Winkel der optischen Axen 28° 42′ angiebt [1]). Dieser Krystall lieferte das erste Beispiel davon, dafs die Ebene der optischen Axen für verschiedene Farben verschiedene Lagen hat.

Da die beiden Bilder sich ganz gleich verhalten, so begnügten wir uns mit der näheren Untersuchung eines derselben, und schliffen zu diesem Ende eine Platte senkrecht gegen eine optische Axe. Wenn dann, bei gekreuzten Spiegeln, die Ebene der optischen Axen mit der ursprünglichen Polarisations-Ebene zusammenfiel, so traten die Farben im Bilde unregelmäfsig vertheilt auf, und wir mufsten die Platte in ihrer Ebene um 30° so drehen, dafs die ursprüngliche Polarisations-Ebene einen spitzern Winkel mit der Basis bildete, als die Ebene der optischen Axen, damit die Mittellinie des Büschels das Bild in zwei symmetrische Hälften theilte. Der Winkel, den wir früher φ genannt haben, ist hiernach 60°, und wenn wir um diesen Winkel, in demselben Sinne wie früher drehen, so fällt die Dispersions-Ebene mit der ursprünglichen Polarisations-Ebene zusammen, und der Durchschnitt dieser Ebene mit der symmetrischen Ebene giebt diejenige Richtung, wodurch beide Dispersions-Ebenen gleichmäfsig bestimmt sind. Nach dem Vorstehenden finden wir für die Winkel, welche diese Richtung mit der Axe der Säule und der Basis bildet, bezüglich 114° und $40\frac{1}{2}$° ungefähr.

Ueberdiefs ist, wie es schon Hr. Herschel angegeben hat, der Winkel der Axen für rothe Strahlen gröfser als für violette. Als weitere Folge ergiebt sich hieraus end-

1) Hr. Herschel bezeichnet (in der französischen Ausgabe seiner Optik) nach Brewster den künstlichen Borax als positiv, den natürlichen als negativ. Im Supplementbande von Baumgartner's Naturlehre und in später erschienenen Handbüchern werden *beide* als positiv bezeichnet. Es sind aber *beide negativ*. Beim natürlichen Borax (Tinkal) wird von Brewster der Winkel um 10° 6′ gröfser angegeben. Wir finden so wenig in der Lage der Bilder als in der Lage der Axen für die verschiedenen Farben irgend eine merkliche Abweichung.

lich, dafs die Ebene der Axen für rothe Strahlen einen kleineren Winkel mit der Basis bildet als für violette.

Borax ist diamagnetisch.

Eine durch Umkrystallisiren erhaltene wasserhelle kleine Tafel war durch Spaltungsflächen begränzt und zeigte unmittelbar die beiden Ringsysteme. Nach der Lage dieser Ringsysteme wurde die gerade Linie bestimmt und eingeritzt, in welcher die Ebene der Axen auf der Platte senkrecht stand. Da der Krystall in optischer Hinsicht negativ ist, so bezeichnete die auf die Platte eingeritzte Linie die Richtung der kleinsten Elasticität. Senkrecht darauf und ebenfalls in der Ebene der Platte war die Linie der mittleren Elasticität und endlich senkrecht auf der Ebene der Platte die Linie der gröfsten Elasticität.

Wenn diese Platte erstens so aufgehängt wurde, dafs die Linie der gröfsten Elasticität vertical (die Platte also horizontal), und zweitens so, dafs die Linie der mittlern Elasticität vertical war, so stellte sich beidesmal gegen den gewöhnlichen Diamagnetismus die Linie der kleinsten Elasticität axial. Aufgehängt nach dieser Linie der kleinsten Elasticität, stellte sich die Platte wie ein gewöhnlicher diamagnetischer Körper.

Wir überzeugten uns, dafs bei dieser letzten Aufhängung überhaupt keine Axenwirkung stattfand, indem wir eine Säule schliffen, deren Axe mit der Linie der gröfsten Elasticität zusammenfiel, und nach der Richtung dieser Axe allmählig verkürzten, bis wir zuletzt eine der vorigen ähnliche Platte erhielten. Bei der fraglichen Aufhängung stellte die Säule sich anfänglich mit ihrer Axe aequatorial, zuletzt axial, aber lediglich nur in Folge der gröfsern und kleinern Dimension nach dieser Axe.

Aus den fraglichen drei Aufhängungen ergiebt sich, dafs Borax *eine einzige magnetische Axe hat, die mit der kleinsten Elasticitätsaxe zusammenfällt und von den Magnetpolen angezogen wird.*

Wir sind vollkommen berechtigt, sogleich eine magnetische Axen-*Anziehung* anzunehmen. Denn in Folge der

beiden ersten Aufhängungen würde sich für den Fall der Abstofsung ergeben, dafs die Mittellinie zwischen den magnetischen Axen in der Ebene der gröfsten und mittlern Elasticität lägen. Im Widerspruche hiermit ist aber die dritte Aufhängung, nach welcher diese Mittellinie, horizontal schwingend, sich in keiner Weise richtet. Es wurde aber dennoch zur Bestätigung des Gesagten eine Platte schief gegen die Hauptschnitte des Krystalls geschnitten und, vertical aufgehängt, in ihrer Ebene gedreht, wobei sie, im Allgemeinen schief sich stellend, durch die aequatoriale Lage hindurchging.

3. Essigsaures Natron.

Die Seiten-Ebenen der rhombischen Säule bilden den Winkel von $84\frac{1}{2}^{\circ}$, die Axe derselben ist gegen die Basis um $68^{\circ}\ 16'$ geneigt. Die symmetrische Ebene geht durch die spitzen Seitenkanten.

Die Ebene der optischen Axen steht, wie die Basis auf der symmetrischen Ebene senkrecht und bildet mit dieser einen Winkel von $11^{\circ}\ 9'$ und mit der Axe der Säule einen Winkel von $57^{\circ}\ 7'$. Die Mittellinie zwischen den beiden optischen Axen, deren Winkel $62^{\circ}\ 50'$ beträgt, liegt, indem sie durch die spitzen Seitenkanten der Grundform geht, in der symmetrischen Ebene (Miller). Das essigsaure Natron ist optisch *negativ*. Eine verschiedene Lage der optischen Axen für verschiedene Farben wurde nicht beobachtet; jedenfalls ist die Abweichung ihrer Richtung nicht grofs.

Die Masse ist stark diamagnetisch.

Zur Untersuchung der magnetischen Axenwirkung wurde eine rhombische Säule mit den Flächen der Grundform vorgerichtet, in der keine Dimension besonders vorwaltete.

1°. Die Axe vertical aufgehängt, stellte sich die symmetrische Ebene genau aequatorial.

2°. Wenn die Axe horizontal und die symmetrische Ebene vertical war, stellte sich diese Ebene, wie eben, aequatorial.

3°. Wenn die symmetrische Ebene horizontal war, so stellte sich die auf ihr senkrecht stehende Ebene der optischen Axen, mithin die Mittellinie zwischen denselben, oder die Linie der gröfsten Elasticität, aequatorial.

Die beiden letzten Aufhängungen beweisen, dafs essigsaures Natron in Beziehung auf magnetische Axenwirkung *negativ* ist, und zu entscheiden bleibt nur noch, ob dasselbe *eine* magnetische Axe habe, die alsdann mit der Richtung der gröfsten Elasticität zusammenfallen würde, oder *zwei* magnetische Axen. Zu diesem Ende müfste eine Platte senkrecht gegen die optische Mittellinie geschnitten und horizontal aufgehängt werden. Die uns noch übrig gebliebenen Krystalle waren aber zu diesem Versuche nicht geeignet.

C. Krystalle, die zum triklinischen Systeme gehören.

Die Ebene und Mittellinie der optischen Axen steht in keiner bisher nachgewiesenen Beziehung zur Krystallform. Für verschiedene Farben ändert sich im Allgemeinen sowohl die Ebene als auch die Mittellinie der optischen Axen. Die Dispersions-Ebenen für die beiden optischen Axen bilden im Allgemeinen verschiedene Winkel mit der Ebene der gröfsten und kleinsten Elasticität, in der beide (mittlere) Axen liegen.

Wenn nicht, wie beim Cyanit, eine oder mehre entschiedene Spaltungs-Flächen vorhanden sind, so scheint es am natürlichsten, die Lage der magnetischen Axen zu bestimmen, indem wir sie von Vorne herein auf die drei Elasticitäts-Axen beziehen und zu dem Ende den magnetisch zu untersuchenden Krystall durch Flächen zu begränzen, die auf diesen Axen senkrecht sind.

1. Cyanit.

Eine gröfsere Anzahl von Cyanit-Krystallen wurde aus Stufen von *Campo longo* gebrochen, in denen sie, wie gewöhnlich, zugleich mit Staurolith vorkamen. Einige derselben hatten eine gelbliche Farbe, die von einem Ueberzuge

von Eisenoxyd herrührte und verschwand nachdem die Krystalle, was immer geschah, mit Salzsäure behandelt worden. Die Krystalle waren theils einfache Säulen, theils Zwillinge, die, obgleich verschiedenartig gebildet, dennoch sämmtlich mit ihrer vollkommensten Spaltungsfläche zusammengesetzt waren. Die Seitenflächen der schiefen rhomboïdischen Säule, die als Grundform des Cyanites zu betrachten ist, wollen wir *P*, *M* und *T* nennen, wobei *M* die Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit sey; alsdann sind die Winkel der Säule folgende:

$P:M=100^\circ\ 50'$, $P:T=93^\circ\ 15'$, $M:T=106^\circ\ 15'$.

Eine Beobachtung an Zwillings-Krystallen erleichterte die Bestimmung der Lage der optischen Axen gegen die Krystallform. Im senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche durchgehenden Lichte zeigen nämlich gewisse dieser Zwillinge dann, wenn der Polarisations-Apparat für sich Dunkelheit giebt, sehr schöne zugeordnete Hyperbeln, deren gemeinsame Asymptoten bezüglich mit der Axe der Säule zusammenfallen und auf ihr senkrecht stehen. Bei gleicher Dicke der Zwillings-Individuen waren die Asymptoten vollkommen schwarz, während sie bei einer Verschiedenheit der Dicke gefärbt erschienen und eine der Hyperbeln schwarz war. Man kann hierin die Erscheinung zweier gekreuzten mit der optischen Axe parallel geschliffenen Bergkrystallplatten oder zweier gekreuzten, durch natürliche Spaltungsflächen begränzten Gypsplatten nicht verkennen, und somit stellte sich die Spaltungsfläche *M* als ein gemeinschaftlicher Hauptschnitt der beiden Zwillings-Individuen dar. Beim senkrechten Durchsehen durch die Spaltungsflächen eines einfachen Krystalles wurde die gröfste Dunkelheit beobachtet, wenn der Krystall so gedreht wurde, dafs eine gerade Linie, die die Seitenkanten der Säule unter einem Winkel von etwa 35° in der Art schneidet, dafs sie, durch die stumpfe Ecke der Basis gelegt, aufserhalb des an dieser Ecke liegenden (nahe rechten) Winkels der Spaltungsfläche liegt, mit der ersten Polarisations-Ebene zusammenfiel oder auf ihr senkrecht war. In der obigen

Voraussetzung, dafs die Spaltungsfläche ein Hauptschnitt des Krystalles ist, folgt also, dafs die eben bezeichnete Linie, die auf ihr senkrecht stehende und ebenfalls in der Spaltungsflächen befindliche, und endlich die auf dieser Ebene senkrechte Linie die drei Elasticitäts-Axen sind.

Zuerst wurden die optischen Axen in der Spaltungsfläche gesucht, und zu diesem Ende nach der Axe der Säule zwei parallele Flächen angeschliffen, die auf dieser Spaltungsfläche des Krystalls senkrecht standen. Aber sowohl senkrecht, als auch bei geneigter Lage der Säulenaxe durch diese Flächen hindurchsehend, fanden wir keine Spur eines Ringsystemes, das wir, wenn es vorhanden gewesen wäre, bei dem bekannten Axenwinkel nothwendig hätte finden müssen. Die Voraussetzung aber, dafs die Spaltungsfläche ein Hauptschnitt sey, fand darin ihre Bestätigung, dafs der Krystall dann die gröfste Dunkelheit zeigte, wenn die Axe der Säule in die erste oder zweite Polarisations-Ebene des Apparates fiel. (Aus dieser Tatsache an und für sich folgt blofs, dafs die Projectionen der optischen Axen auf die angeschliffenen Flächen gleiche Winkel mit der Säulenaxe bilden.)

Nach dem Vorstehenden waren die beiden optischen Axen nur noch in einer auf der Spaltungsfläche senkrechten Ebene zu suchen, welche diese Fläche entweder in der oben bestimmten geraden Linie oder in einer Geraden, die auf dieser senkrecht steht, schneidet. Ein unter dem Polarisationsmikroskop möglichst schief geneigtes sehr dünnes, durch die Spaltungsflächen *M* begränztes, Plättchen liefs nach einander das jeder der beiden Axen entsprechende Ringsystem erkennen und zeigte, indem es zugleich den von Brewster angegebenen Winkel der optischen Axen von 81° 48′ als den richtigen erscheinen liefs, dafs die Mittellinie zwischen diesen Axen auf der Spaltungsfläche senkrecht steht.

Es wurde hierauf ein Krystall senkrecht gegen eine der beiden in dem Vorhergehenden bestimmten optischen Axen geschliffen. Es zeigte sich das erwartete Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes mit einer solchen Färbung, die eine wenig verschiedene Lage der optischen Axen für die verschie-

denen Farben anzeigte. Wir erwarten noch bessere Krystalle um diese verschiedene Lage mit Rücksicht auf die Krystallform zu bestimmen und die Angabe von Brewster zu bestätigen, dafs der Krystall ein optisch positiver ist und demnach die Axe der kleinsten Elasticität auf der Spaltungsfläche senkrecht steht. Ehe wir weiter gehen, kommen wir nochmals auf die Art der Zwillingsbildung, über welche das optische Verhalten der Krystalle uns Aufschlufs giebt, zurück. Es fiel uns anfänglich auf, dafs augenscheinliche Zwillingskrystalle mit einspringendem Winkel, deren beide Individuen dieselbe Dicke hatten, die conjugirten Hyperbeln *nicht* zeigten, während von der anderen Seite auch solche Krystalle, die sich auf den ersten Blick von einem einfachen Krystalle nicht unterscheiden liefsen, solche Hyperbeln gaben.

Bald aber stellte sich mit Bestimmtheit heraus, dafs die Zwillingsbildung bei unseren Cyaniten eine dreifache war, die wir durch eine Drehung von 180° des einen Krystalles gegen den anderen um drei verschiedene Axen versinnlichen können, nämlich:

1) um die Normale auf die Hauptspaltungsfläche,
2) um die Axe der Säule,
3) um eine Linie in jener Spaltungsfläche, die auf der Axe der Säule senkrecht ist.

Der Zwilling hat im ersten Falle *zwei* einspringende Winkel, deren Kanten den Seiten (*MT* und *MP*) der Spaltungsfläche *M* parallel sind. Da die optischen Axen für die beiden Individuen dieselben sind, so können sich hier die fraglichen conjugirten Hyperbeln niemals zeigen.

Im zweiten Falle ist nur *ein* einspringender Winkel vorhanden, dessen Kante *PM* ist, so dafs bei mangelnden Endflächen der Zwilling das Ansehen eines einfachen Krystalles hat.

Im dritten Falle existirt wiederum nur *ein* einspringender Winkel und zwar nach der Länge der Säule.

In den beiden letzteren Fällen bilden die beiden auf der gemeinschaftlichen Spaltungsflächen senkrecht stehenden Ebenen der optischen Axen mit einander einen Winkel

von etwa 70°, wodurch das Auftreten der Hyperbeln bedingt wird.

Ein Zwillingskrystall der zweiten Art, der die Hyperbeln sehr schön zeigte, liefs bei näherer Betrachtung die Ansetzungsfläche erkennen und sich in zwei einfache Krystalle trennen. Indem wir die Spaltungsflächen beibehielten und den einen Krystall gegen den anderen um 180° drehten, erhielten wir den dritten Fall und nach wie vor Hyperbeln. Diese verschwanden aber und wir erhielten die Zwillingsbildung der ersten Art, wenn wir den einen Krystall umklappten um eine Linie, die in der Spaltungsfläche liegt und auf der Axe der Säule senkrecht steht.

So ausgezeichnet beim Cyanit die magnetische Axenwirkung sich zeigte, so ergeben sich doch für die Bestimmung derselben grofse Schwierigkeiten, die einestheils in der bei diesem Mineral gewöhnlich vorkommenden, oben besprochenen Zwillingsbildungen, vorzüglich aber darin ihren Grund haben, dafs Krystalle aus demselben Muttergesteine, auch nach Fortschaffung eines zufälligen Ueberzuges von Eisenoxyd sich bald sehr stark magnetisch, bald entschieden diamagnetisch verhalten, so dafs dieses verschiedene Verhalten sich sogar oft an denselben Individuen zeigt. Vor Allem sind also solche Krystalle auszuwählen, deren magnetisches oder diamagnetisches Verhalten ganz entschieden hervortritt. Die Krystalle, welche stark gefärbt sind, verhalten sich in der Regel auch stark magnetisch, die wasserhellen meistens diamagnetisch, mitunter jedoch auch magnetisch, so dafs wir also aus der Färbung allein nicht unbedingt auf magnetisches oder diamagnetisches Verhalten schliefsen können.

Es wurde ein einfacher Krystall von bläulicher Farbe, eine Säule, 8^{mm} lang, 4^{mm} breit und $2\frac{1}{7}^{mm}$ dick, genommen und auf den breiten Seitenflächen (den Spaltungsflächen) diejenige Linie, in welcher sie von der Ebene der optischen Axen, die auf ihr senkrecht steht, geschnitten wurde, durch eine Diamantspitze eingeritzt. Diese Linie bezeichnete also die Richtung der gröfsten Elasticität, während die Linie

der kleinsten Elasticität auf der Spaltungfläche senkrecht stand.

Horizontal aufgehängt und um ihre Axe gedreht, stellte sich die Säule, durch die axiale Lage hindurchgehend, im Allgemeinen schief: Cyanit ist in magnetischer Hinsicht *positiv*.

Senkrecht gegen die Spaltungsfläche *M* aufgehängt, stellte sich der Krystall mit der Ebene der optischen Axen axial: die Mittellinie zwischen den magnetischen Axen liegt also in dieser Ebene. Zur vollständigen Bestimmung dieser Mittellinie ist eine zweite Aufhängung hinreichend. Wir hingen die Säule senkrecht gegen ihre Axe auf. Die Ebene, welche sich axial stellte (*V*), wich von derjenigen, welche die spitzen Seitenkanten-Winkel halbirt, nur um wenige Grade in dem Sinne ab, dafs der spitze Winkel φ, den sie mit der Spaltungsfläche bildet, gröfser war. Dieser Winkel war mit einiger Genauigkeit schwerer zu messen, als aus einer gleich zu erwähnenden Beobachtung zu berechnen. Wurde der Krystall horizontal so aufgehängt, dafs die Ebene *V* vertical war, so stellte er sich, der Erwartung gemäfs, genau axial. Wenn aber diese Ebene horizontal war, so wich die Axe der Säule am meisten von der Linie der Polspitzen ab, und der Winkel dieser Abweichung liefs sich mit Genauigkeit bestimmen; er betrug $42\frac{1}{2}^{0}$, wobei sich — wenn der Krystall in der Horizontal-Ebene um 180° herum geworfen, sowie wenn er, um 180° um seine Axe gedreht, den Ausschlag nach entgegengesetzter Seite machte — keine Differenz ergab. Dieser Winkel (α) ist derjenige, den die magnetische Mittellinie mit der Axe der Säule bildet.

Endlich wurde noch der Krystall mit der Säulenaxe gegen den Horizont geneigt, so aufgehängt, dafs die Mittellinie zwischen den magnetischen Axen vertical war: der Krystall richtete sich wie in allen Aufhängungen mit grofser Energie und hat also zwei magnetische Axen. Statt die Lage der Ebene dieser beiden Axen, die dadurch ge-

geben ist, dafs sie die axiale Lage annimmt, direct zu bestimmen, mafsen wir den Winkel, den die durch die Axe des Krystalls gehende Verticalebene mit der axialen bildete, und fanden für denselben annäherungsweise 75°.

In demjenigen rechtwinkligen sphärischen Dreiecke, das durch die Säulenaxe, die magnetische Mittellinie und den Durchschnitt der Spaltungsfläche und der Ebene der optischen Axen bestimmt wird, ist die Hypotenuse $\alpha = 42\frac{1}{3}°$ und die eine der beiden Katheten $\beta = 35°$. Für die andere Kathete γ ergiebt sich hieraus $25\frac{1}{7}°$ und für den gegenüberliegenden Winkel, den wir oben φ genannt haben, $39\frac{4}{5}°$. Ziehen wir den Winkel γ von 90° ab, so erhalten wir $64\frac{1}{2}°$ als denjenigen Winkel, welchen in der optischen Ebene, nach den spitzen Seitenkanten hin gerechnet, die magnetische Mittellinie mit der optischen bildet. Endlich findet man in dem obigen Dreieck für den der Kathete β gegenüberliegenden Winkel, den wir ω nennen wollen, 58° 24′, und wenn wir diesen Winkel von dem gemessenen Winkel von 75° abziehen, denjenigen, welchen die Ebene der magnetischen und die Ebene der optischen Axen mit einander bilden. Dieser Winkel ist so zu bestimmen, dafs die erstgenannte Ebene den beiden stumpfen Ecken der Grundform näher liegt als die letztgenannte. Somit ist die magnetische Axen-Bestimmung vollständig.

Die magnetische Axenwirkung war bei dem einfachen Cyanit-Krystall ganz ungewöhnlich stark; zwischen den Polspitzen aufgehängt, blieb er unverändert in derselben Stellung auch dann, wenn durch Unterbrechung des Stromes im Eisenkerne als Residuum nur ein Minimum von Magnetismus blieb, und selbst dann noch, wenn er durch Aufwickeln des Kokonfadens, der ihn trug, bedeutend gehoben wurde. Diefs brachte Plücker auf den Gedanken, ob nicht der Erdmagnetismus schon hinreichend sey, die Cyanitsäule in Folge der magnetischen Axenwirkung zu richten. Die Erwartung wurde vollkommen bestätigt. Und so bildet diese Säule, wenn sie an einem doppelten Kokonfaden in einer Schleife horizontal unter Glas aufgehängt

wird, eine Declinations-Nadel, die sich aber nur dann in den magnetischen Meridian stellt, wenn diejenige Ebene, die wir eben durch *V* bezeichnet haben, vertical ist, eine Declinations-Nadel, *die wir bei einer gehörigen Drehung um ihre Axe richten können nach jedem beliebigen Punkte des Horizontes* bis zu einer Abweichung vom magnetischen Meridiane, die östlich oder westlich bis an $42\frac{1}{3}^{\circ}$ betragen kann, die wir also ins Besondere auch genau nach dem geographischen Norden zeigen lassen können.

Der Krystall wurde, nachdem er zwischen den Polspitzen aufgehängt gewesen war, unter einen Glaskasten gebracht und sich selbst überlassen; er behielt seine Richtkraft, obwohl eine Abnahme derselben nach einigen Tagen verspürt wurde. Die magnetische Axenwirkung ist also im Cyanitkrystalle fixirt, wie die gewöhnliche magnetische Wirkung im gehärteten Stahle. Es lag die Frage nahe, ob der Krystall erst durch die Nähe des inducirenden Elektromagneten die Eigenschaft erhält, dafs er durch den Erdmagnetismus sich richtet. Dafs diese Frage nicht unbedingt zu bejahen ist, folgt daraus, dafs mehre Krystalle, die, soviel bekannt, einem Magnete nicht nahe gekommen waren, sich unmittelbar richteten, so dafs bei ihrer Bildung wahrscheinlich schon der Erdmagnetismus wirksam gewesen war.

Wenn durch Hülfe des Commutators die Polarität des Elekromagneten umgekehrt wird, so wirft sich der zwischen den Polspitzen in irgend einer Lage aufgehängte Cyanitkrystall um 180° herum. Es ist dieses ein neuer Beweis dafür, dafs die inducirte magnetische Axenwirkung auch mit dem Aufhören der Induction noch eine Zeitlang fortdauert.

Endlich erwähnen wir noch des folgenden Versuches. Ueber oder unter einem Kupferdraht, durch welchen ein galvanischer Strom ging, wurde der Cyanitkrystall mit dem Drahte parallel an einem Kokonfaden aufgehängt; er stellte sich im Allgemeinen schief gegen den Draht, unter einem Winkel, den man nach dem Oersted'schen Fundamental-Versuch vorhersagen kann, wenn man vorher diejenige

Richtung im Krystall bestimmt hat, die, der jedesmaligen Aufhängung entsprechend, sich in den magnetischen Meridian stellt und diese Richtung der Axe der Magnetnadel in jenem Versuche substituirt.

Nach der obigen Bestimmung der magnetischen Axen des einfachen Cyanitkrystalles können wir die magnetischen Erscheinungen wie sie sich bei den verschiedenartigen Zwillingen, die aus einfachen Individuen von nahe gleicher Dicke bestehen, und überdiefs magnetisch sind, mit Sicherheit voraus sagen. Diese Voraussagungen haben wir grofsentheils bei unseren Krystallen bestätigen können. Wir sind hiernach im Stande, *durch den Magneten*, an Zwillingen *die Art der Zwillingsbildung zu bestimmen*, indem wir uns durch das Nachstehende hierbei leiten lassen. Wir gehen von der Anschauung aus, dafs im Allgemeinen ein solcher Zwilling, zwischen den Polspitzen aufgehängt, sich wie ein einfacher Krystall verhält, der zu seinen magnetischen Axen die beiden Mittellinien zwischen den magnetischen Axen der beiden Zwillings-Individuen hat.

Ein Zwilling der ersten Art mit zwei einspringenden Winkeln verhält sich wie ein einfacher Krystall mit zwei magnetischen Axen, die in der Ebene der optischen Axen liegen, mit einander einen Winkel von 51° bilden, und deren Mittellinie in der Spaltungsfläche liegt. Vertical aufgehängt, stellt er sich mit der Spaltungsfläche axial.

Ein Zwilling der zweiten Art ohne einspringenden Seitenkanten-Winkel verhält sich so, als ob die beiden Axen, mit einander einen Winkel von $84\frac{2}{3}$° bildend, die Axe der Säule zur Mittellinie hätten und in derjenigen Ebene lägen, welche in beiden Individuen, wenn sie einzeln nach der Säulenaxe aufgehängt werden, sich übereinstimmend axial stellen würde.

Ein Zwilling der dritten Art, ohne einspringenden Winkel an der Basis, verhält sich wie ein einfacher Krystall, dessen Mittellinie in einer auf der Spaltungsfläche senkrechten Ebene (U) liegt und mit der letztgenannten Ebene einen Winkel von 30° 13′ bildet. Die Ebene der magne-

tischen Axen, die einen Winkel von 62° 24′ bilden, steht ebenfalls auf der Ebene *U* senkrecht.

Einen geeigneten Krystall, der zugleich *einfach* und *diamagnetisch* war, konnten wir uns zu unserem Bedauern nicht verschaffen.

2. Schwefelsaures Kupferoxyd.

Die Winkel der Grundform sind:

$P : M = 51° 23'$ (52° 20′ Kopp)
$P : T = 70° 28'$
$M : T = 55° 58'$ (56° 50′ Kopp).

Die eine (*M*) der drei Seitenflächen ist, nahe wenigstens, ein Rechteck und daran leicht erkenntlich. Eine optische Axe ist den Kanten *PM* parallel. Die Ebene der beiden optischen Axen steht auf der Fläche *P* senkrecht; in dieser senkrechten Ebene bildet die zweite optische Axe mit der ersten einen Winkel von 45°. Die hierin auch liegende Zweideutigkeit in der Bestimmung dieser Axe wird dadurch gehoben, dafs sie aufserdem in derjenigen sehr gewöhnlich vorkommenden Fläche liegt, welche die stumpfe Kante *MT* der Grundform fortnimmt, und wenig nur von derjenigen Linie abweicht, welche in derselben die stumpfen Winkel halbirt. Für verschiedene Farben weicht die Lage der optischen Axen wenig ab. Kupfervitriol ist in optischer Hinsicht ein *negativer* Krystall.

Die von uns untersuchten Krystalle waren magnetisch, offenbar in Folge von beigemischtem Eisen. Zur Bestimmung der magnetischen Axenwirkung bedienten wir uns solcher Krystalle, die wir selbst hatten anschiefsen lassen, und in welchen die Basis der Grundform vorherrschend war. Aus einem solchen Krystall wurde eine quadratische Säule geschnitten, die zu Seitenflächen die Basis und die Ebene der optischen Axen hatte, so dafs also die eine optische Axe (*PM*), welche wir die *erste* nennen wollen, mit der Richtung der Säulenaxe zusammenfiel. Wenn diese Säule irgend wie horizontal aufgehängt wurde, so stellte sich ihre Are axial in Uebereinstimmung mit dem Magne-

tismus der Masse, behielt aber bei dieser Aufhängung auch gegen Magnetismus diese Stellung dann noch bei, als sie später durch Verkürzung der Axenrichtung in eine Platte umgeformt worden war. Als die Säule vertical aufgehängt wurde, bildete die Ebene der optischen Axen einen Winkel von 63° mit der axialen Ebene, während diese einen Winkel von 27° mit der Basis und von 24° 23′ mit der Fläche *M* bildete. Bei einer Umkehrung der Säule ergab sich dieselbe Abweichung von 27° nach entgegengesetzter Seite von der Axial-Ebene.

Um zu entscheiden, ob der Krystall in magnetischer Hinsicht positiv oder negativ war, wurde aus ihm eine kurze Säule geschnitten, deren Axe in der Basis lag und mit der ersten optischen Axe einen Winkel von etwa 30° bildete. Horizontal aufgehängt, stellte sie sich, wenn sie um ihre Axe gedreht wurde, durch die axiale Lage hindurchgehend, im Allgemeinen schief. Der Krystall verhielt sich sonach *positiv*.

Schwefelsaures Kupferoxyd hat also zwei positive magnetische Axen, welche die erste optische Axe zur Mittellinie haben, und deren Ebene, wenn wir uns dieselbe durch die spitzen Kanten (PM) der Basis gehend denken, mit der Basis P einen Winkel von 27°, mit der Fläche M den Winkel 24° 23′ bildet.

3. Doppelt-chromsaures Kali.

Die Winkel der Grundform, die durch Ebenen vollkommener Spaltbarkeit bestimmt ist, sind:

$$P : M = 85°$$
$$P : T = 90°$$
$$M : T = 84°.$$

Die eine optische Axe, welche wir die *erste* nennen wollen, steht auf der Fläche *M* senkrecht, die Ebene der beiden optischen Axen auf der Kante *MT*. Die *zweite* optische Axe bildet mit der ersten einen Winkel von 45° nach der Richtung der spitzen Seitenkanten hin. Aus dem der ersten Axe entsprechenden Ringsystem ersehen wir, dafs die Dis-

Dispersions-Ebene für diese Axe mit der Ebene der beiden optischen Axen zusammenfällt, wie es z. B. beim Gypse stattfindet. Aufserdem ergiebt sich, dafs für violette Strahlen die Axe der Mittellinie näher liegt als für rothe. Die Dispersions-Ebene für die zweite Axe steht auf der Ebene der beiden optischen Axen senkrecht, in der Art, dafs die Axe für violette Strahlen nach dem spitzen Kantenwinkel der Basis sich hinneigt. Doppelt-chromsaures Kali ist in optischer Hinsicht ein *positiver* Krystall.

Das fragliche Salz ist schwach magnetisch, wobei es noch unentschieden bleibt, ob das magnetische Verhalten demselben eigenthümlich sey, oder von beigemischtem Eisen herrührt.

Wir sind nicht im Stande gewesen, die magnetische Wirkung auf doppelt-chromsaures Kali auf die Anziehung oder Abstofsung zweier *gleichwerthigen* magnetischen Axen zurückzuführen, obgleich die Axenwirkung sehr entschieden und bei den vielen in dieser Hinsicht untersuchten Krystallen in constanter Weise überall hervortrat. Die Mittheilung einiger Beobachtungen wird dieses bestätigen.

Wenn eine durch Spaltungsflächen P begränzte Platte von beliebiger Form horizontal aufgehängt wird, so stellt sich diejenige Linie, welche den Nebenwinkel der optischen Axen halbirt, also die Linie der gröfsten Elasticität, von Pol zu Pol.

Wir stellten aus einer solchen 10^{mm} dicken Platte einen Würfel her, dessen Kanten der kleinsten, gröfsten und mittleren Elasticitäts-Axe, die wir als Coordinaten-Axen x, y, z betrachten wollen, parallel waren. Der Würfel wurde nach einander nach diesen drei Axen in der bezeichneten Folge aufgehängt und stellte sich dann so, dafs die durch folgende Gleichungen dargestellten Ebenen mit der axialen Vertical-Ebene zusammenfielen:

$$z = y;\ x = z.\tang 15^\circ;\ x = 0.$$

Diese drei Ebenen, für welche sich genau dieselben auch dann ergaben, wenn bei den drei Aufhängungen Oben und Unten vertauscht wurden, schneiden sich aber nicht in der-

selben geraden Linie, was doch der Fall seyn müfste, wenn, wie bei allen von uns bisher untersuchten Krystallen, zwei gleichwerthige Axen, die von den Polen angezogen werden, vorhanden wären. In analoger Weise folgt aus denselben drei Aufhängungen, dafs die Annahme zweier gleichwerthigen, von den Polen abgestofsenen magnetischen Axen unstatthaft ist.

Wir richteten ferner eine annäherungsweise kreisförmige Platte vor, 5^{mm} dick und 11^{mm} im Durchmesser und durch *P*-Flächen wiederum begränzt. Horizontal aufgehängt, verhielt sich dieselbe dem Früheren entsprechend; bei verticaler Aufhängung nahm sie im Allgemeinen eine schiefe Stellung ein. In dem besonderen Falle aber, dafs eine Linie *V*, welche mit der Mittellinie der optischen Axen (kleinsten Elasticitäts-Axe) nach der Seite der *ersten* Axe hin einen Winkel von 52° bildete, vertical war, stellte sie sich aequatorial, während, wenn die Linie *V* horizontal war, die Platte nach der einen oder anderen Seite von der aequatorialen Lage am meisten, nämlich um 54°, abwich. In der Voraussetzung zweier gleichwerthigen positiven magnetischen Axen müfste in Gemäfsheit der horizontalen Aufhängung die Mittellinie derselben in der Ebene der gröfsten und mittleren Elasticität, die auf der Platte senkrecht steht, liegen. Aus den verticalen Aufhängungen würde folgen, dafs diese Mittellinie in derjenigen Ebene liegt, die auf der Ebene der Platte senkrecht stehend, diese Platte in der Linie *V* schneidet. Die magnetische Mittellinie wäre also selbst senkrecht auf der Platte und diese müfste sich immer aequatorial stellen.

Ein ähnlicher Widerspruch würde auch dann bleiben, wenn wir zwei gleichwerthige negative magnetische Axen annehmen wollten. Wenn die bisher angewandte Bestimmungsweise, ob ein Krystall in magnetischer Hinsicht positiv oder negativ sey, auch hier noch ihre Gültigkeit behalten soll, so müssen wir doppelt-chromsaures Kali als *positiv* betrachten. Es folgt dieses aus den verticalen Aufhängungen der kreisrunden Platte, sowie auch aus den ho-

rizontalen Aufhängungen einer vierseitigen Säule, begränzt durch natürliche Spaltungsflächen, und deren Dimension nach *MP* nahe doppelt so grofs war als nach *MT* und *PT*. Im Allgemeinen stellte sich die Säule schief, bei bestimmter Aufhängung axial.

Das magnetische Verhalten des doppelt-chromsauren Kali erklärt sich also nicht aus der Annahme zweier *gleichwerthigen* magnetischen Axen; wir werden versucht diefs mit dem oben erörterten verschiedenen Verhalten der beiden optischen Axen in Verbindung zu bringen.

Nachtrag zur ersten Versuchsreihe.

I. *Einaxige Krystalle,*

a) deren Grundform die sechsseitige Säule ist.

14. Schwefelsaures Kali.

Wir erhielten sehr schöne Krystalle von der Form zum Theil ganz regelmäfsiger sechsseitiger Säulen ohne abgeleitete Flächen, von denen wir blofs wufsten, dafs sie sich zufällig aus einer Seifensiederlauge gebildet hatten. Die Säulen gaben, wenn man nach der Axe durchsah, ein schönes Ringsystem, welches zeigte, dafs der Krystall in optischer Beziehung *positiv* ist. Die Substanz desselben war diamagnetisch. Eine senkrecht gegen die Säulenaxe geschnittene Platte stellte sich, vertical aufgehängt, mit ihrer Axe gegen Diamagnetismus aequatorial. Diese Axe wird also *abgestofsen*. Hrn. Dr. Bödeker verdanken wir die chemische Bestimmung des untersuchten Salzes. (Schwefelsaures Kali ist bekanntlich dimorph.)

b) Deren Grundform die quadratische Säule ist.

10. Honigstein.

Er zeigte ein schönes Bild und verhielt sich in optischer Beziehung negativ. Er ist diamagnetisch und seine optische Axe wird *angezogen*.

II. *Zweiaxige Krystalle,*

c) deren Grundform die gerade rhombische Säule ist.

6. Staurolith.

Der spitze Kantenwinkel beträgt 50° 40′; gewöhnlich sind die stumpfen Ecken der Endflächen, oft zugleich auch die spitzen Seitenkanten fortgenommen. Wir schliffen, zum Behufe der optischen Bestimmung, aus einem St. Gotthard-Krystall Plättchen nach verschiedenen Richtungen, die, wenn sie nur etwa $0^{mm},5$ dick waren, hinlängliche Durchsichtigkeit erhielten. Ein solches Plättchen, das senkrecht gegen den, die Axe und die lange Diagonale enthaltenden Hauptschnitt geschliffen war und mit dieser Axe einen Winkel bildete, den wir nicht mehr messen konnten, der *annäherungsweise* aber 45° betrug, zeigte beim senkrechten Durchsehen im Polarisationsmikroskope ein sehr schönes Ringsystem. Die beiden optischen Axen liegen hiernach mit der Axe der Säule und der langen Diagonale in einerlei Ebene, und der von ihnen gebildete Winkel weicht wenig von einem rechten ab. Um über die Lage der Mittellinie zu entscheiden, wurde eine Platte genau unter 45° geschliffen. Sie zeigte das Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes, wenn sie um 2° — 3° geneigt wurde, wobei die durchgehenden Strahlen sich der Säulenaxe näherten. Diese ist also die Mittellinie zwischen den beiden optischen Axen, deren Winkel wir auf 85° schätzen. Wie beim Topas liegen für violette Strahlen die optischen Axen der Mittellinie zunächst. Die Säulenaxe ist die Linie der kleinsten Elasticität und folglich der Krystall in optischer Hinsicht *positiv.*

Der Staurolith ist magnetisch. Dieselbe Platte, welche zur optischen Bestimmung des Krystalls gedient hatte, wurde vertical zwischen den Magnetpolen aufgehängt und in ihrer Ebene gedreht; sie stellte sich gegen Magnetismus, durch die aequatoriale Lage hindurchgehend, im Allgemeinen schief. Staurolith ist also auch in magnetischer Hinsicht *positiv.*

Eine schöne an den Kanten durchsichtige Säule, deren äufsere Form von einer regelmäfsigen sechsseitigen wenig abwich, 18^{mm} lang und 6^{mm} dick, stellte sich aufgehängt

nach α mit λ
» $\varkappa$ » λ
» λ » α

axial. Bei der letzten Aufhängung blieb es unentschieden, ob die angenommene Stellung nicht Folge gewöhnlicher magnetischer Anziehung war. Es wurde daher eine Platte senkrecht gegen die Axe der Säule geschnitten, in welcher die Dimension nach α etwas zurücktrat. Diese stellte sich aufgehängt

nach $\varkappa$ mit λ
» λ » $\varkappa$

axial, also in beiden Aufhängungen in Uebereinstimmung mit dem Magnetismus der Masse.

Die Aufhängung der Platte nach λ bewies, dafs sich der Krystall, in Folge der Axenwirkung, keineswegs mit α axial stellt und dafs er bei der entsprechenden Aufhängung der frühern Säule diese Stellung nur in Folge der gewöhnlichen magnetischen Wirkung angenommen hat. Um zu entscheiden, ob der Krystall eine einzige magnetische Axe habe, die alsdann mit λ zusammenfiele, oder, was die zweite mögliche Alternative war, zwei Axen, die mit λ in der Ebene $\varkappa\lambda$ kleine Winkel bilden, wurde eine Säule ausgewählt, in welcher die Axenwirkung weniger vorherrschend war, als bei der ursprünglich untersuchten. Die neue Säule, wie die frühere, durch Wegfallen der spitzen Seitenkanten einer regelmäfsigen sich annähernd, war 6^{mm} lang und 3^{mm} dick. Sie warf sich, auch nach λ aufgehängt, gehoben, in die aequatoriale Lage herum, so dafs $\varkappa$ sich von Pol zu Pol stellte. Nur blieb die Richtkraft immer schwach, und die Säule machte bei derjenigen Erhebung, wo diese Richtkraft in Folge der Axenwirkung am gröfsten war, in 30 Sekunden blofs $8\frac{1}{2}$ halbe Schwingungen, während bei derselben Erhebung, wenn die Säule um 90° um ihre Axe ge-

dreht wurde, die Anzahl dieser Schwingungen 50 betrug. Das Verhältnifs der Kräfte, welche die Säule bei diesen beiden Aufhängungen in die aequatoriale Lage trieben, war hiernach

1 : 34,6.

Der Staurolith hat zwei magnetische Axen, die von den Polen angezogen werden, mit einander einen kleinen Winkel bilden und in der Ebene der Basis so liegen, dafs die lange Diagonale derselben ihre Mittellinie ist. *Er ist hiernach ein magnetisch positiver Krystall der ersten Art.*

Beim Staurolith wurde zuerst das Vorhandenseyn zweier magnetischen Axen in Krystallen beobachtet. Die Säule hatte, horizontal aufgehängt, die Axenwirkung sehr stark (stärker als eine Turmalinsäule unter gleichen Verhältnissen und in gleicher Weise) gezeigt, verhielt sich aber den folgenden Tag, als sichs darum handelte die neu aufgefundene Axenwirkung Fachgenossen zu zeigen, wiederum horizontal aufgehängt, nur wie ein rein magnetischer Körper. Der Widerspruch fand seine augenblickliche Lösung darin, dafs die nicht zu kurze, horizontal aufgehängte Säule, um ihre Axe continuirlich gedreht, zwischen den möglichst genäherten Polspitzen sich immer von Pol zu Pol stellte, anfänglich zwar diese Stellung bei jeder Erhebung behielt, bald aber, bei einer bestimmten Erhebung, sich in die aequatoriale Lage herumwarf, und zwar bei einer Erhebung, die von derjenigen Gränze an, wo überhaupt noch eine Einwirkung des Elektromagneten beobachtet werden konnte, bis auf ein paar Centimeter abnahm und dann am geringsten war, wenn die Umdrehungs-Axe mit α zusammenfiel.

Der rothdurchscheinende Staurolith vom St Gotthard (wenn wir nur consistente Krystalle und nicht solche, die leicht zerbröckeln, nehmen) ist sehr geeignet, das Vorhandenseyn der beiden magnetischen Axen zu zeigen. Aber auch die vollkommen undurchsichtigen einfachen Krystalle der Auvergne, von rauhem Aeufsern, die stellenweise schon zu verwittern angefangen hatten, verhielten sich ganz ebenso.

7. Schwefelsaures Nickeloxyd.
8. Schwefelsaures Zinkoxyd.
9. Schwefelsaure Magnesia.
10. Chromsaure Magnesia.

Die Grundform dieser isomorphen Salze weicht nur wenig von der quadratischen Säule ab. Man unterscheidet indefs die spitzen Kanten dadurch sehr leicht, dafs die Ebene der sehr vollkommenen Spaltbarkeit dieselben fortnimmt. Die beiden optischen Axen haben in sämmtlichen Krystallen eine entsprechende Lage. Die Ebene derselben ist die Basis, ihre Mittellinie steht senkrecht auf der Spaltungsfläche, so dafs sie mit der langen Diagonale zusammenfällt. Bei geringer Neigung sieht man bei sämmtlichen Krystallen eins der beiden Ringsysteme durch jedes Paar gegenüberliegender Seitenflächen. Man sieht beide Bilder bei schicklicher Neigung durch die vollkommenen Spaltungsflächen. Der Winkel der optischen Axen ist nach Brewster für

schwefelsaures Nickeloxyd 42° 4′
schwefelsaures Zinkoxyd 44° 28′
schwefelsaure Magnesia 37° 24′.

Der Winkel für chromsaure Magnesia weicht wenig von dem Winkel für schwefelsaure ab.

In allen Krystallen liegen die optischen Axen für violette Strahlen der Mittellinie zunächst. Wir fanden alle Krystalle in optischer Hinsicht negativ, auch mit Einschlufs des schwefelsauren Nickeloxyds, das Brewster irrthümlich als positiv aufführt [1]).

Schwefelsaures Nickeloxyd

ist seiner chemischen Natur nach, nicht in Folge fremder Beimischung, stark magnetisch. Eine natürliche Säule, 12^{mm} lang und 3^{mm} dick, stellte sich, aufgehängt

nach α mit $\varkappa$
» $\varkappa$ » α
» λ » $\varkappa$

1) Hiermit stimmen auch die von den unsrigen unabhängigen Beobachtungen der HH. Tyndall und Knoblauch überein.

axial. Nur bei der zweiten Aufhängung war die Wirkung in Uebereinstimmung mit dem Magnetismus der Masse. Aber auch wenn die Säule zu einer Platte abgeschliffen wurde, wobei die Dimension nach α die kleinste geworden war, stellte sich die Axe der Säule, und zwar gegen den gewöhnlichen Magnetismus, immer noch von Pol zu Pol. Eine schief aus der Säule geschnittene Platte stellte sich, wenn sie vertical aufgehängt und in ihrer Ebene gedreht wurde, indem sie, gegen Magnetismus, durch die *aequatoriale* Lage hindurchging, im Allgemeinen schief.

Schwefelsaures Nickeloxyd ist ein magnetisch positiver Krystall der fünften Art.

Während die magnetische Axenwirkung beim Nickelsalze sehr stark und schon bei schwacher magnetischer Kraft sich zeigte, war diese Wirkung schwach bei den drei andern isomorphen Krystallen, die sämmtlich diamagnetisch sich verhielten.

Schwefelsaures Zinkoxyd.

Wenn eine Säule mit ihrer Axe vertical aufgehängt wurde, so stellte sich die Spaltungsfläche aequatorial. Horizontal aufgehängt, stellte ihre Axe sich aequatorial, in Uebereinstimmung mit Diamagnetismus, nahm aber diese Stellung, auch gegen Diamagnetismus, dann noch an, wenn durch Verkürzung nach dieser Axe die Säule auf eine Platte reducirt worden war; nur mit dem Unterschiede, dafs bei einer Aufhängung nach $\varkappa$ schon zwischen den Polspitzen, wie auch gehoben, die Säulenaxe die bezeichnete Richtung annahm, bei einer Aufhängung nach λ aber *nur* gehoben, während der Krystall zwischen den Polspitzen rein diamagnetisch sich verhielt.

Eine Platte, die einer Seitenfläche der Grundform parallel war, senkrecht aufgehängt und in ihrer Ebene gedreht, stellte sich, durch die *aequatoriale* Lage hindurchgehend, im Allgemeinen schief.

Das schwefelsaure Zinkoxyd wäre nach dem Vorstehenden *ein magnetisch positiver Krystall der ersten Art und der Winkel der magnetischen Axen nicht sehr grofs.*

Es war auffallend, wie der horizontal aufgehängte Krystall zwischen den Polspitzen sehr stark diamagnetisch sich verhielt, bei sehr geringer Erhebung aber vom Magnete keine merkliche Einwirkung mehr zeigte. Diese Beobachtung bestärkte uns in der Vermuthung, dafs dem angeblich reinen Zinkvitriol ein Minimum von Eisen beigemischt sey, und diese Vermuthung wurde dadurch bestätigt, dafs Hr. Dr. Boedeker in der Lösung unseres Salzes, nach Fällung des Zinkes, auf chemischem Wege Eisen nachgewiesen hat.

Schwefelsaure Magnesia.

Nach α und $\varkappa$ aufgehängt, verhielt sich dieses Salz wie das vorige; wenn es aber nach λ aufgehängt wurde, so liefs sich keine Axenwirkung nachweisen. Es ergab sich in magnetischer Hinsicht positiv. Die einzige magnetische Axe fiele hiernach mit der längern Diagonale, die auf der Spaltungsfläche senkrecht steht, zusammen.

Chromsaure Magnesia.

Wir konnten auch bei Anwendung von 10 Grove'schen Trögen eine entschiedene Axenwirkung *nicht* beobachten.

11. Schwefelsaures Kali.

Der Winkel der spitzen Kanten beträgt 67° 38'. Die Basis der Säule ist die Ebene der beiden optischen Axen, die lange Diagonale derselben ihre Mittellinie. Man sieht die beiden den optischen Axen entsprechenden Ringsysteme bei etwas schiefem Durchsehen durch je zwei gegenüberliegende Seitenflächen der Grundform. Wir fanden den Krystall *positiv*, in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Brewster, der den Winkel der Axen zu 67° angiebt. Für die verschiedenen Farben fallen die optischen Axen zusammen; selbst in dünnen Plättchen, die ein weites Ringsystem gaben, war keine Abweichung von der Farbenscale der Newton'schen Ringe wahrzunehmen.

Die Masse des Krystalls ist diamagnetisch. Eine ent-

schiedene magnetische Axenwirkung war auch bei Anwendung von 12 Trögen *nicht* zu erkennen.

* * *

Wir schliefsen hier die erste Versuchsreihe und werden, gegen unsere frühere Absicht, die Discussion der erlangten, in mancher Beziehung merkwürdigen Resultate verschieben, bis auch noch eine zweite Versuchsreihe vorliegen wird, die wir aus einem doppelten Gesichtspunkte unternommen haben, einmal um die frühere zu vervollständigen, dann besonders aber auch, um den Einfluſs zu bestimmen, den fremdartige magnetische Substanzen, sey es, daſs sie das diamagnetische Verhalten des Krystalles, dem sie beigemischt sind, in magnetisches umkehren oder nicht, in Beziehung auf Axenwirkung ausüben, und dadurch die normale Axenwirkung verdecken, nach Umständen schwächen, aufheben, umkehren. So setzen wir z. B. eine Modificirung der normalen Axenwirkung bei dem von uns untersuchten schwefelsauren Zinkoxyd und der schwefelsauren Magnesia voraus, eine fast gänzliche Aufhebung derselben bei unserm schwefelsauren Kali und unserer chromsauren Magnesia, und zwar in Folge von fremden Eisenspuren.

Die mathematische Erklärung der Abstoſsung und Anziehung der magnetischen Axen bei einaxigen Krystallen wird dann hoffentlich ergänzt durch die Ausdehnung dieser theoretischen Untersuchungen auf zweiaxige Krystalle, zur Vergleichung vorliegen [1]).

Bonn, den 1. December 1850.

1) Ich hatte die Aussicht die fragliche Abhandlung vom 15. März d. J. in Crelle's Journal für Mathematik noch rechtzeitig abgedruckt zu sehen. Da indeſs der Abdruck sich verzögert, habe ich die Abhandlung vor Kurzem zurückgezogen, um sie auf anderem Wege zu veröffentlichen. Plücker.

IV. *Drei und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Michael Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Philosoph. Transact. f.* 1850. *pt. I.* — Wir überspringen hiemit in der Reihe der Untersuchungen des berühmten Physikers einstweilen zwei Abhandlungen, nämlich diejenigen, welche den Diamagnetismus der Krystalle betreffen und durch eine Notiz in diesen Ann. Bd. 76, S. 144 in den Hauptzügen schon bekannt sind, werden sie indefs den Lesern baldigst zu überliefern suchen. P.)

§. 29. Ueber den polaren oder sonstigen Zustand der diamagnetischen Körper.

2640. Vor vier Jahren sprach ich die Vermuthung aus, dafs alle Erscheinungen bei diamagnetischen Körpern, die den Kräften im magnetischen Felde unterworfen sind, sich erklären lassen würden durch die Annahme, dafs sie eine Polarität besitzen von gleicher Art, aber entgegengesetzter Richtung, wie die, welche unter denselben Umständen von Eisen, Nickel und anderen magnetischen Körpern angenommen wird (2429. 2430). Diese Ansicht ward von Plücker, Reich und Anderen, besonders aber von W. Weber [1]), so günstig aufgenommen, dafs ich grofse Hoffnung hegte, sie bestätigt zu finden, wiewohl meine eigenen Versuche (2497) diese Hoffnung nicht erhöhten.

2641. Ob Wismuth, Kupfer, Phosphor u. s. w. im magnetischen Felde polar seyen oder nicht, ist jedoch eine ungemein wichtige Frage, denn darnach müssen in der Wirkungsweise dieser Körper sehr grofse und wesentliche Verschiedenheiten stattfinden. Ich beschlofs daher die Frage, wo möglich durch einen experimentellen Beweis zu entscheiden, und nehme keinen Anstand das Resultat meiner Bemühung,

1) Pogg. Ann., 1848 Bd. 73, S. 60 und 241.

obwohl es ein negatives ist, der K. Gesellschaft vorzulegen. (So ist kurz der Sinn dieses Paragraphen. P.)

2642. Es schien mir, dafs manche der Resultate, die als auf einen polaren Zustand deutend angesehen wurden, nur Folgen des Gesetzes seyen, dafs diamagnetische Körper von stärkern zu schwächern Wirkungsstellen zu gehen suchen (2418); andere dagegen schienen aus Inductionsströmen (26. 2338) zu entspringen. Bei weiterer Betrachtung schienen auch die Unterschiede zwischen diesen Wirkungsweisen und denen einer wirklichen, magnetischen oder diamagnetischen Polarität eine Untersuchungsart an die Hand zu geben, deren Resultate nützlich seyn konnten. Denn, wenn eine Polarität vorhanden ist, mufs sie in den Theilchen vorhanden und eine Zeitlang permanent seyn, sich folglich unterscheiden lassen von der durch temporäre Ströme erzeugten momentanen Polarität der Masse, und ebenso, durch ihre entgegengesetzte Richtung, von der gewöhnlichen magnetischen Polarität.

2643. Ein gerader Holzhebel von 2 Fufs Länge wurde an einem Ende an einer Axe so befestigt, dafs er mittelst Kurbel und Rad in einer Horizontalebene vibriren, und sein freies Ende etwa 2 Zoll hin und her gehen konnte. Cylinder oder Kerne von Metallen oder anderen Substanzen, 5,5 Zoll lang und 0,75 Zoll im Durchmesser wurden nach einander an dem Ende eines 2 Fufs langen Messingstabes befestigt, dessen anderes Ende an dem beweglichen Ende des Hebels angebracht war, so dafs die Cylinder in Richtung ihrer Länge durch einen Raum von 2 Zoll bewegt werden konnten. Es war auch ein grofser cylindrischer Elektromagnet vorgerichtet (2192), dessen Eisenkern 21 Zoll in Länge und 1,7 Zoll im Durchmesser hielt; das eine Ende dieses Kerns war auf die Länge von einem Zoll dünner, nämlich nur einen Zoll dick.

2644. Auf diesen dünneren Theil war eine Rolle von 516 Fufs feinem übersponnenen Kupferdraht gesteckt; sie hielt 3 Zoll in Länge, 2 Zoll im äufseren und 1 Zoll im innern Durchmesser; aufgesteckt auf das dünnere Ende des

Elektromagnets nahm dasselbe 1 Zoll von dem innern Raum ein. Der Magnet und die Drahtrolle waren beide concentrisch mit dem oben erwähnten Metallcylinder gestellt und zwar in solcher Entfernung, dafs der letztere in der Richtung seiner Axe sich in der Rolle bewegen, in rascher Folge ab oder zu dem Magnet gehen konnte. Der kleinste und gröfste Abstand des schwingenden Cylinders während des Spiels betrug 0,125 und 2,2 Zoll. Der Zweck hiebei war, zu untersuchen, ob die Rolle des feinen Drahts auf die Metallcylinder, während ihrer Hin- und Herbewegung oder in verschiedenen Abständen von dem Magnet, irgend einen Einfluſs ausübten [1]).

2645. Die Enden der kleinen Drahtrolle (*experimental helix*) waren verknüpft mit einem sehr empfindlichen Galvanometer, das 18 bis 20 Fufs vom Elektromagnet entfernt stand, damit dieser nicht auf dasselbe einwirke; zugleich war ein Commutator eingeschaltet. Dieser Commutator wurde durch den Holzhebel (2643) bewegt, und da die zu ihm aus der kleinen Rolle, während eines vollständegen Hin- und Herganges des Metallcylinders, gelangenden elektrischen Ströme aus zwei entgegengesetzten Portionen bestanden, so hatte der Commutator den Zweck diese Portionen successive aufzunehmen und entweder in einem gleichgerichteten Strome zu dem Galvanometer zu führen, oder, zu anderen Zeiten, sie gegeneinander zu stellen und ihre Resultate zu neutralisiren. Er war so eingerichtet, dafs er zu jeder Zeit oder in jedem Theil der Bewegung verändert werden konnte.

2646. Bekanntlich wird bei einer solchen Einrichtung, wie stark der Elektromagnet, oder wie empfindlich der übrige Theil des Apparats auch seyn mag, keine Wirkung auf das Galvanometer hervorgebracht, so lange der Magnet seine Kraft, oder seine Wirkung auf benachbarte Körper, oder seine Entfernung und Lage zu der kleinen Rolle nicht ändert. Allein die Einführung eines Stückes Eisen oder sonstigen vom Magnet influenzirbaren Stoffs in die Rolle

1) Der Elektromagnet lag also wohl horizontal? P.

kann oder mufs einen entsprechenden Einfluſs auf die Drahtrolle oder das Galvanometer ausüben. In der That sollte ich denken, mein Apparat sey im Princip und in der Praxis fast gleich mit dem von Hrn. Weber (2640), aber dennoch gab er mir entgegengesetzte Resultate.

2647. Um zu richtigen Schlüssen zu gelangen ist es höchst nothwendig, die äufserste Vorsicht auf manche Punkte zu verwenden, die anfangs als unwichtig erscheinen können. Alle Theile des Apparats müssen einen vollkommen festen Stand haben, fast wie ein astronomisches Instrument; denn jede Bewegung irgend eines seiner Theile ist, vermöge der Construction, sicher mit der Bewegung des Commutators zu synchronisiren; und unwahrnehmbare kleine Effecte summen sich auf und machen sich als Ganzes am Galvanometer merkbar. Daher stehen bei mir die Maschine (2643), der Magnet, die Drahtrolle und das Galvanometer auf gesonderten Tischen, und diese wiederum auf einem steinernen Flur, der auf dem Erdboden ruht. Der die Maschine tragende Tisch war gegen die benachbarte Mauer wohl fest gestemmt.

2648. Ferner mufs der Apparat selbst vollkommen wackellos seyn und sich dennoch ohne Schlottern frei und leicht bewegen. Zu den beweglichen Theilen darf kein Eisen verwandt werden. Um das Moment des Ganzen theilweis aufzuheben und umzukehren sind an dem Ende der hin- und hergehenden Vorrichtung Springfedern angebracht, die aber nothwendig von gehämmertem Messing oder Kupfer seyn müssen.

2649. Durchaus nothwendig ist, dafs der Cylinder oder Kern bei seiner Bewegung den Magnet oder die Drahtrolle nicht im Geringsten hindere oder stofse. Diefs kann leicht stattfinden, und doch wird es, ohne vieles Untersuchen, nicht wahrgenommen. Es ist auch wichtig die Kerne solcher Körper wie Wismuth, Phosphor, Kupfer u. s. w. so grofs wie möglich zu nehmen; doch fand ich es nicht gerathen, weniger als $\frac{1}{8}$ Zoll Spielraum zwischen ihnen und der Innenwand der Drahtrolle zu lassen. Um den Kern

gleichsam in Luft schwimmen zu lassen, ist es zweckmäfsig ihn in der Bucht oder Krümme eines einmal herumgeschlungenen feinen Kupferdrahts aufzuhängen, dessen Enden aufsteigen und an zwei gleich hoch aber weit auseinander gelegenen Punkten befestigt sind, so dafs der Draht die Form eines *V* hat. Diese Aufhängung hält den Kern in jedem Theile seiner Bewegung parallel.

2650. Der Magnet wird durch den elektrischen Strom von fünf Grove'schen Plattenpaaren erregt und ist sehr kräftig. Nicht mit der Batterie verbunden bleibt er noch in schwachem Grade magnetisch. In diesem Zustand angewandt, kann seine Kraft als längere Zeit constant angesehen, und die kleine Drahtrolle in jedem Moment mit dem Galvanometer verbunden werden, ohne dafs darin ein Strom entsteht. Wendet man aber den Magnet im erregten Zustand an, so sind gewisse Vorsichtsmafsregeln nothwendig; denn verbindet man den Magnet mit der Batterie, und darauf die kleine Rolle mit dem Galvanometer, so erscheint im letzteren ein Strom, welcher in gewissen Fällen länger als eine Minute anhält und anscheinend aus dem der Batterie entspringt. Er entsteht jedoch nicht also, sondern rührt her von der Zeit, welcher der Eisenkern zur Annahme des Maximums seines Magnetismus gebraucht (2170. 2332), und während dieser ganzen Zeit wirkt er auf die kleine Rolle und erregt einen Strom in ihr. Diese Zeit ist nach Umständen verschieden und ändert sich bei einem und demselben Elektromagnet besonders darnach, wie lange dieser aufser Gebrauch war. Bei erster Anwendung, nach einer Ruhe von zwei bis drei Tagen, beträgt sie achtzig und neunzig Sekunden und mehr. Nach Oeffnung der Batterie und unmittelbarer Schliefsung derselben, wiederholt sich der Effect, erfordert aber nur zwanzig bis dreifsig Sekunden. Bei einer dritten Unterbrechung und Erneuerung des Stroms erscheint er in noch kürzerer Zeit, und wenn der Magnet eine Zeitlang in kurzen Intervallen gebraucht worden ist, scheint er fähig zu seyn, das Maximum seiner Kraft auf einmal anzunehmen. Bei jedem Versuch ist es noth-

wendig zu warten, bis der Effect auf das Galvanometer vorüber ist, sonst können die Ueberreste eines solchen Effects irrthümlich für das Resultat einer Polarität oder anderen eigenthümlichen Wirkung des Wismuths oder andern untersuchten Körpers genommen werden.

2651. Das angewandte Galvanometer war von Hrn. Ruhmkorff verfertigt und sehr empfindlich. Die Nadeln waren in ihrer Wirkung verstärkt und so nahe gleich, dafs eine einzige Schwingung von der Rechten zur Linken sechszehn bis zwanzig Sekunden einnahm. Beim Experimentiren mit solchen Körpern wie Wismuth und Phosphor wurde die Lage der Nadel durch eine Linse beobachtet. Von der vollkommenen Verbindung aller Theile der Kette überzeugt man sich durch ein schwaches mit den Fingern erwärmtes thermo-elektrisches Paar. Dieſs geschah auch bei jeder Lage des Commutators, wo die Oxydschicht nach zwei- oder dreitägiger Ruhe vollkommen hinreichend war, einen schwachen Strom zu unterbrechen.

2652. Um die bei magnetischen und diamagnetischen Körpern vorkommenden Erscheinungen in directe Beziehung zu bringen, habe ich nicht so sehr die in der kleinen Rolle erzeugten Ströme, als vielmehr die am Galvanometer erhaltenen Effecte aufgezeichnet. Als normale Richtung in der Ablenkung wurde immer diejenige genommen, welche ein Eisendraht hervorbrachte, wenn er in gleicher Richtung und unter denselben Umständen des Commutators und der Verbindungsdrähte bewegt wurde wie ein Stück von Wismuth oder einem anderen der zu untersuchenden Körper.

2653. Eine dünne Glasröhre von der bedingten Gröfse (2643), 5,5 Zoll lang und 0,75 dick, wurde mit gesättigter Eisenvitriollösung gefüllt und als Kern angewandt. Der Maschine wurde zu dieser und aller übrigen Zeit des Versuchs eine solche Geschwindigkeit gegeben, dafs der Kern fünf bis sehs Mal in der Sekunde hin- und her ging. Dennoch erzeugte die Lösung keine merkbare Wirkung auf das Galvanometer. Ein Stück einer magnetischen Glasröhre

röhre (2354) und ein Kern von Propatriapapier, das zwischen den Polen des Elektromagnets auch magnetisch war, waren gleichfalls unwirksam. Eine Röhre, gefüllt mit kleinen Krystallen von Eisenvitriol, erzeugte eine Bewegung der Nadel von etwa 2° und dieselbe Wirkung gaben Kerne bestehend aus einzelnen grofsen Krystallen oder symmetrischen Gruppen von Eisenvitriol-Krystallen; rothes Eisenoxyd (Colcothar) bewirkte den kleinstmöglichen Effect, Hammerschlag und metallisches Eisen (als dünner Draht) dagegen einen grofsen.

2654. Sobald die Nadel sich bewegte, geschah es, in Richtung, übereinstimmend mit der Wirkung eines magnetischen Körpers; allein in vielen Fällen war die Bewegung, bei anerkannt magnetischen Körpern, gering oder Null. Diefs beweifst, dafs diese Vorrichtung keineswegs ein so gutes Prüfungsmittel auf magnetische Polarität ist als eine einfache oder astatische Nadel. Die Mangelhaftigkeit in dieser Beziehung benimmt ihr jedoch nicht die Fähigkeit zur Erforschung der in den Versuchen von Reich, Weber und Andern auftretenden Erscheinungen.

2655. Es wurden nun andere Metalle als Eisen untersucht und mit vollständigem Erfolg. Waren sie magnetisch, wie Nickel und Kobalt, so hatte die Ablenkung dieselbe Richtung wie beim Eisen. Waren die Metalle diamagnetisch, so erfolgte die Ablenkung in entgegengesetzter Richtung; bei einigen Metallen, wie Kupfer, Silber und Gold, betrug sie 60° bis 70° und erhielt sich so lange die Maschine in Thätigkeit erhalten ward. Allein die Ablenkung war nicht am gröfsten bei den stärkst diamagnetischen Substanzen, wie Wismuth, Antimon oder Phosphor; im Gegentheil habe ich mich bisjetzt noch nicht zu überzeugen vermocht, ob diese drei Körper irgend eine Wirkung ausüben. Bei vielen war die Wirkung proportional dem *Elektricitäts-Leitungsvermögen* der Substanz. Gold, Silber und Kupfer gaben die gröfsten Ablenkungen, Blei und Zinn geringere, Platin eine sehr kleine, Wismuth und Antimon gar keine.

2656. Mithin hatte man allen Grund zu glauben, dafs die Wirkungen durch in der Masse der bewegten Metalle inducirte Ströme, und nicht durch eine Polarität ihrer Theilchen entstanden waren. Ich ging also daran, diese Idee durch Abänderung der Kerne und des Apparats zu prüfen.

2657. Zunächst ist klar, dafs, wenn es eine Wirkung inducirter Ströme ist, sie meistens in dem dem Magnet näheren Theile des Kerns vorhanden seyn mufs, weniger in den entfernteren; wogegen bei einer Substanz, wie Eisen, für die Polarität, welche das Ganze annimmt, die Länge ein wichtigeres Element ist. Ich verkürzte daher den Kupferkern von 5,5 Zoll (2643) auf 2, und fand die Wirkung dadurch nicht verringert; selbst bei 1 Zoll Länge war sie wenig schwächer als zuvor. Im Gegentheil waren die Wirkungen stärker, wenn der als Kern angewandte dünne Eisendraht 5,5 Zoll Länge hatte; sehr viel geringer, wenn er nur 1 Zoll lang war. Es hält nicht schwer, einen Kupferkern mit einem dünnen Eisendraht in seiner Mitte zu verfertigen, der über eine gewisse Länge hinaus die Wirkung des Eisens giebt, und unterhalb derselben die Wirkung des Kupfers.

2658. Wenn ferner die Wirkung aus in der Masse (2642) inducirten Strömen entstände, würde eine Zertheilung der Masse diese Ströme hemmen und damit die Wirkung ändern, wogegen auf die wahre diamagnetische Polarität die Zertheilung der Masse keinen bedeutenden oder wesentlichen Einflufs hätte (2430). Es wurde daher Kupferfeilicht, zur Entfernung von etwa anhaftendem Eisen, einige Tage lang mit verdünnter Schwefelsäure digerirt, dann wohl gewaschen und getrocknet, und darauf erwärmt und in der Luft herumgeschwenkt, bis es durch einen sehr dünnen Ueberzug von Oxyd eine Orangenfarbe angenommen hatte. Dann wurde es in ein Glasrohr (2653) gefüllt und als Kern angewandt. Es gab durchaus keinen Effect, war so unwirksam als Wismuth.

2659. Das Kupfer kann jedoch so zertheilt werden,

dafs es die vorausgesetzten Ströme aufkommen läfst oder nicht. Ich schnitt dünnes Kupfer in Stücke von 5,5 Zoll Länge und bildete daraus ein Bündel von 0,75 Zoll Durchmesser (2643); dieses hatte keine Wirkung auf das Galvanometer. Ein anderer Kupferkern dagegen, der aus dünnen Kupferscheiben von 0,75 Zoll Durchmesser gebildet worden, lenkte die Galvanometernadel 25° bis 30° ab.

2660. Uebersponnenen Kupferdraht von 0,75 Zoll Dicke wickelte ich zu einem soliden Cylinder von 2 Zoll auf und brauchte diesen als Kern. Blieben die Enden dieses Drahts unverbunden, so zeigte sich auf die kleine Drahtrolle und folglich auch auf das Galvanometer keine Wirkung; waren aber die Enden zusammengelöthet, so ward die Nadel gut afficirt. Im ersteren Fall konnten die Ströme, welche sich in der Masse des bewegten Metalls zu bilden trachteten, nicht zu Stande kommen, weil der metallische Weg unterbrochen war; im zweiten konnte es aber geschehen, weil diese Unterbrechung nicht vorhanden war.

2661. Dasselbe Resultat wurde mit anderen Metallen erhalten. Ein cylindrischer Kern von Gold, aus Halb-Sovereigns gebildet, wirkte sehr kräftig auf das Galvanometer. Auch ein Silbercylinder aus Six-Penny-Stücken war sehr wirksam; allein ein Cylinder aus gefälltem Silber, das in einer Glasröhre möglichst zusammengestampft war, gab durchaus keine Anzeige von Wirkung. Dieselben Resultate wurden mit Cylindern aus Zinn- oder Bleischeiben erhalten; die Wirkungen waren der schlechten Leitung des Zinns und des Bleis angemessen (2655).

2662. Mit zertheiltem Eisen waren die Wirkungen genau umgekehrter Art. Es war nöthig Galvanometer und Apparat viel unempfindlicher zu nehmen; allein, nachdem dieſs geschehen war, zeigte die Anwendung eines soliden Eisenkerns und eines andern, von gleicher Gröfse oder gleichem Gewicht, aus Stücken von dünnem Draht gebildet (2659), dafs die Zertheilung die Wirksamkeit nicht verringert hatte. Die vortrefflichen Experimental-Untersu-

chungen von Dove über die Inductions-Elektricität zeigen, dafs diefs der Fall seyn mufs [1]).

2663. Mithin ist bei diamagnetischen Metallen das Resultat der Zertheilung ganz von der Art, um den Schlufs zu bestätigen, dafs die von ihnen erzeugten Wirkungen aus inducirten, in ihrer Masse circulirenden Strömen hervorgehen und nicht aus einer Polarität, die der im Eisen analog ist, nur entgegengesetzte Richtung hat.

2664. Drittens (2656) läfst sich in der Wirkung eines diamagnetischen Metalls, je nachdem sie aus einer wahren Polarität oder aus temporär inducirten Strömen entspringt, noch ein anderer und sehr wichtiger Unterschied experimentell nachweisen; und da in dieser Beziehung zwischen magnetischer und diamagnetischer Polarität keine Verschiedenheit stattfindet, so kann man die Betrachtung am besten beim Eisen anstellen.

2665. Wenn irgend ein Kern dem Magnet mit gleichförmiger Geschwindigkeit genähert und eben so von ihm entfernt wird, läfst sich seine Reise (*journey*) in vier Theile zerfällen: *Hingang* (*the to*), *Stillstand* (*the stop*), *Rückgang* (*the from*) und wieder *Stillstand*. Wenn der Eisenkern diese Reise macht, wird sein dem Magnet zugekehrtes Ende ein Pol, dessen Kraft wächst bis zum kleinsten Abstande, und sich verringert bis zum gröfsten Abstande. Diese beiden Effecte und das Vor- und Rückschreiten des Kerns erregen in der umgebenden Drahtrolle Ströme, in der einen Richtung, so wie der Kern vorrückt, und in der entgegengetzten, so wie er zurückgeht. In Wirklichkeit bewegt sich jedoch das Eisen nicht mit constanter Geschwindigkeit, vielmehr wächst diese, vermöge der durch die rotirende Kurbel mitgetheilten Bewegung, (2643) auf dem *Hingang* allmälig aus dem Zustande der Ruhe bis zu einem in der Mitte des Weges liegenden Maximum und sinkt dann allmälig wieder nahe am Magnet zur Ruhe hinab; auf dem Rückgang durchläuft sie dieselben Veränderungen. Da nun die Maximum-Wirkung auf die umgebende Drabt-

1) Taylor's *Socintific Mémoirs V. p.* 129.

rolle abhängig ist zugleich von der Geschwindigkeit und der Intensität der Magnetpole an dem Ende des Kerns, so ist klar, dafs sie nicht zusammenfällt mit dem in der Mitte des Hin- und Herganges liegenden Maximum der Geschwindigkeit und auch nicht mit der gröfsten Magnetkraft des Kerns beim Stillstand nahe am Magnet, sondern dafs sie irgendwo zwischen beiden stattfindet. Nichts destoweniger wird der Kern während der ganzen Zeit des Vorrückens einen Strom in der Drahtrolle erregen, und während des ganzen Rückganges einen anderen in entgegengesetzter Richtung.

2666. Wenn diamagnetische Körper unter dem Einfluſs eines Magnets eine Polarität annehmen, so besteht der ganze Unterschied zwischen ihnen und dem Eisen nur darin, dafs die gleichnamigen Pole ihre Lage verwechselt haben (2429. 2430); es findet bei ihnen dieselbe Wirkung statt wie beim Eisen, nur haben die erregten Ströme die umgekehrte Richtung gegen die, welche das Eisen hervorruft.

2667. Wenn daher in dem einen oder anderen Fall ein Commutator angebracht wird, um diese Ströme in einem stäten (*consistent*) Strom durch das Galvanometer zu senden, so mufs er die Umkehrung in den Momenten der beiden Stillstände (2665) vollziehen und er wird es auch vollkommen bewirken können. Vollzieht dagegen der Commutator die Umkehrung zu den Zeiten des Maximums der Geschwindigkeit oder des Maximums der Intensität oder zu zwei andern von diesem oder jenem Stillstandspunkte gleich abständigen Zeiten, so werden die zwischen den beiden Umkehrungen aufgefangenen Theile der entgegengesetzten Ströme einander genau aufheben, und folglich wird kein Strom durch das Galvanometer gesendet.

2668. Nun ist die Wirkung des Eisens, der Erfahrung nach, von dieser Natur. Wenn unter verschiedenen Umständen des Commutators ein Eisendraht blofs in die Drahtrolle gesteckt oder aus derselben gezogen wird, sind die Resultate genau wie angegeben. Arbeitet die Maschine mit einem Eisenkern und wechselt der Commutator an den Still-

ständen (2665), so ist der zu dem Galvanometer gesendete Strom ein Maximum. Wechselt dagegen der Commutator in den Momenten des Maximums der Geschwindigkeit oder in einem Paar Momenten, die von dem einen oder anderen Stillstand gleich weit entfernt sind, so ist der Strom ein Minimum oder Null.

2669. Zwei oder drei Vorsichtsmafsregeln sind nothwendig, um ein Resultat zu erlangen. Zunächst mufs das Eisen weich seyn und vorher nicht magnetisch. Dann hat man sich gegen folgenden Effect zu hüten. Wenn zu Anfang des Versuchs der Eisenkern vom Magnet entfernt ist und man setzt nun die Maschine in Thätigkeit, so sieht man die Galvanometernadel sich auf einige Momente in der einen Richtung bewegen, und darauf, ungeachtet des fortgesetzten Spiels der Maschine, zurückkehren und allmälig ihre Stellung auf 0° wieder annehmen. Ist dagegen der Eisenkern, beim Beginn des Versuchs, in seinem kleinsten Abstande vom Magnet, so bewegt sich die Galvanometernadel in entgegengesetzter Richtung wie zuvor, kommt aber ebenfalls auf 0° zur Ruhe. Diese Erscheinungen rühren davon her, dafs das Eisen, bei grofsem Abstande von dem Magnet, in einem schwächeren, und beim kleinsten Abstande von ihm, in einem stärker magnetischen Zustande ist als in dem Mittelzustande, welchen es während der Fortdauer des Versuchs annimmt, und dafs es, während des Auf- und Abschwankens um diesen Mittelzustand, zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung erzeugt, welche in den eben beschriebenen Versuchen sichtbar werden. Diese existiren nur in den ersten Momenten und bewirken am Galvanometer eine Schwingung, die allmälig verschwindet.

2670. Noch einer andern Vorsicht mufs ich erwähnen. Sobald der Commutator genau an den gegebenen Punkten des Laufes wechselt, wird bei jedem Wechsel ein kleiner Effect aufgesammelt, der die Nadel in der einen oder anderen Richtung permanent ablenken kann. Die Zungen meines Commutators sind rechtwinklich auf der Richtung der Bewegung und etwas biegsam, wodurch sie ein wenig

in die Strecken des Hin- und Hergangs der Reise schleifen; indem sie dieses thun, nähern sie sich, obwohl in geringem Grade, der Bedingung, welche für den Commutator die beste ist, um die Ströme zu sammeln (und nicht aufzuheben), und dadurch erscheint eine Ablenkung nach der Rechten oder Linken (2677). Nachdem ich diese Ursache entdeckt und die Zungen etwas steifer gemacht, um ihre Biegung zu verhindern, verschwand die Wirkung und das Eisen war vollkommen unwirksam.

2671. So sind die Resultate bei einem Eisenkern und so würden sie bei einem Kupfer- oder Wismuthkern seyn, wenn diese vermöge einer diamagnetischen Polarität wirkten. Betrachten wir jetzt, was die Folgerungen seyn würden, wenn ein Kupfer- oder Wismuthkern vermöge Ströme wirkte, die für einige Zeit in seiner bewegten Masse inducirt würden und von der (2642) vermutheten Natur wären. Bewegt sich der Kupfercylinder mit gleichförmiger Geschwindigkeit (2665), so würden, während der ganzen Zeit seiner Bewegung, Ströme parallel seinem Umfang vorhanden seyn und diese würden das Maximum ihrer Kraft dicht vor und dicht nach dem innern Stillstand besitzen, denn dann befände sich das Kupfer an den intensivsten Punkten des magnetischen Feldes. Der wachsende Strom des Kupferkerns während der inneren Strecke seines Ganges würde in der Drahtrolle einen Strom in der einen Richtung erzeugen, während der Stillstand des Kupfers und die darauf folgende Abnahme des Stroms einen entgegengesetzten Strom in der Rolle hervorbrächte. Der erste Augenblick der Bewegung aufserhalb des Kerns würde in ihm einen Maximum-Strom von entgegengesetzter Richtung mit dem früheren hervorbringen und in der Drahtrolle einen Strom induciren, der gleiche Richtung mit dem letzten darin hätte; so wie der Kern weiter fortgeht, würde der Strom in ihm abnehmen, und sowohl dadurch als durch seinen endlichen Stillstand einen vierten Strom in der Drahtrolle erzeugen, der gleiche Richtung mit dem ersten hätte.

2672. Die vier in der kleinen Rolle erzeugten Ströme

wechseln paarweise ab, d. h. die beim Sinken des ersten Stroms im Kern und die beim Steigen des zweiten und entgegengesetzten Stroms erregten, haben Eine Richtung. Sie erfolgen vor und nach dem Stillstand des Magneten d. h. von dem Moment des Strommaximums (im Kern) vor, bis zum Moment des Strommaximums nach dem Stillstand; und wenn dieser Stillstand momentan ist, existiren sie nur während dieses Moments und müssen während dieser kurzen Zeit von dem Commutator aufgefangen werden. Diejenigen, welche in der Drahtrolle erzeugt werden, während der zweite Strom im Kerne abnimmt und bei Annäherung dieses Kerns an den Magnet ein dritter (mit dem ersten identischer) Strom entsteht, sind auch von gleicher Richtung, und dauern an vom Anfang des Rückzugs bis zum Ende des Vorrückens (oder vom Maximum zum Minimum) der Kernströme, d. h. während fast der ganzen Reise des Kerns, und diese sollten vom Commutator, bei seinen Umschlägen in den Momenten des Maximums, aufgenommen und zum Galvanometer gesandt werden.

2673. Der Kern bewegt sich indefs nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, vielmehr wie er einerseits seine Richtung plötzlich ändert, erreicht er andrerseits (2665) das Maximum seiner Geschwindigkeit in der Mitte seines Hin- und Hergangs vor dem Magnet. Daraus entspringt ein sehr wichtiger Vortheil. Denn sein Stillstand, kann man sagen, beginnt unmittelbar nach dem Eintreten der Maximum-Geschwindigkeit; und wenn dort die Linien der magnetischen Kraft in Lage und Stärke dem gleich wären, was sie näher am Magnete sind, würden die entgegengesetzten Ströme in der Drahtrolle an jenen Punkten des Weges beginnen; allein da der Kern in einen intensiveren Theil des magnetischen Feldes eintritt, nimmt der Strom noch zu, obgleich die Geschwindigkeit abnimmt, und die Folge davon ist, dafs das Strommaximum weder an den Orten der gröfsten Geschwindigkeit, noch an denen der gröfsten Kraft eintritt, sondern an einem Punkte zwischen beiden. Diefs gilt in Bezug sowohl auf das Vorschreiten, als auf das

Rückschreiten des Kerns, und die beiden Maxima des Stroms erfolgen an Punkten, die von dem Ort der Ruhe nahe am Magnet gleich weit abstehen.

2674. Wenn also mittelst der Ströme, die durch den Einfluſs der in dem Eisenkern inducirten Ströme, in der Drahtrolle erregt werden, der gröſste Effect auf das Galvanometer hervorgebracht werden soll, so muſs der Commutator so eingerichtet werden, daſs er an diesen beiden Punkten umschlägt. Der Versuch rechtfertigt diesen Schluſs vollkommen. Theilt man die Weglänge von dem äuſsern Stillstand zum innern, welche zwei Zoll beträgt (2643. 2644) in hundert Theile, und wird der erregende Magnet als rechter Hand liegend angenommen, so wird ein Ausdruck von der Form 50|50 den Ort bezeichnen, wo der Commutator umschlagen muſs; und das würde in diesem Beispiel in der Mitte des Hin- und Hergangs oder an den Punkten der gröſsten Schnelligkeit seyn.

2675. Beim Versuche verschiedener Ajustirungen des Commutators habe ich gefunden, daſs er, mit einem Kupferkern, die besten Resultate von 77|23 bis 88|12 giebt. Aus sämmtlichen Versuchen schlieſse ich, daſs wenn Stärke des Elektromagnets, kleinster Abstand des Kerns von demselben, Länge des ganzen Ganges und durchschnittliche Geschwindigkeit der Maschine die angegebene Gröſse haben, 86|14 die Punkte bezeichnen, an denen die im Kern inducirten Ströme ihr Maximum erreichen und wo also der Commutator umschlagen muſs.

(Schluſs im nächsten Heft.)

V. *Eine Theorie des Diamagnetismus. Magnetismus des Wismuth. Erweiterung der Ampère'schen Theorie; von Dr. c. Feilitzsch, Professor in Greifswald.*

Die bisjetzt bekannten Erscheinungen des Diamagnetismus fanden eine befriedigende Erklärung in der sinnreichen Theorie, welche durch die gemeinschaftlichen Bemühungen der HH. Faraday, Reich, Weber, Poggendorff und Plücker aufgestellt wurde. Schon als der grofse Entdecker des Diamagnetismus seine ersten Untersuchungen über diesen Gegenstand publicirte, definirte er seine theoretischen Anschauungen in Folgendem [1]): „Eine Erklärung der Bewegung diamagnetischer Körper möchte sich in der Annahme darbieten, dafs die magnetische Induction in ihnen einen entgegengesetzten Zustand hervorrufe, wie er in den magnetischen Körpern erzeugt wird, d. h. dafs, wenn man von jeder Körperart ein Theilchen in das magnetische Feld brächte, beide magnetisch würden, und jedes seine Axe parallel der durch sie gehenden magnetischen Resultante stellte, doch mit dem Unterschiede, dafs die Theilchen des magnetischen Körpers ihre Nord- und Südpole den entgegengesetzten Polen des inducirenden Magneten zuwenden, die Theilchen des diamagnetischen aber es umgekehrt machen. Nach Ampère's Theorie würde diese Annahme damit übereinkommen, dafs, während in Eisen und dergleichen magnetischen Körpern Ströme *parallel* mit denen im inducirenden Magnet oder galvanischen Apparat vorhandenen inducirt werden, im Wismuth, schweren Glas und den übrigen diamagnetischen Körpern Ströme von *entgegengesetzter* Richtung auftreten".

Nachdem nun Hr. Reich [2]) gezeigt hatte, dafs zwei entgegengesetzte Magnetpole nicht mit der Summe, son-

1) *Exp. res.* 2429 *ff.*

2) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 60.

dern mit der Differenz ihrer Kraft auf einen diamagnetischen Körper wirke, stellte Hr. Weber [1]) einige entscheidende Versuche an, welche zeigten, dafs in einem diamagnetischen Körper dem erregenden Nordpol ein Nordpol, und dem erregenden Südpol ein Südpol zugekehrt sey. Zugleich wies derselbe nach, dafs ein in der Wirkungssphäre eines Magnetpoles bewegter Wismuthstab elektrische Ströme in einem umgebenden Kupferdraht im entgegengesetzten Sinne erregt, als ein statt des Wismuths substituirter Eisenstab. Hr. Weber schliefst nun: magnetische Fluida, so wie Molecularströme, können in den diamagnetischen Körpern nicht vorhanden seyn, denn diese müfsten durch Einflufs des Magnetismus gerade so gerichtet werden, also dieselbe Polarität hervorbringen, wie in magnetischen Körpern. Das Entstehen von Inductionsströmen in gröfseren Kreisen ist zur Erklärung der Erscheinungen des Diamagnetismus nicht brauchbar, da diese nur instantan sind. Wohl aber lassen sich alle Erscheinungen erklären, wenn man inducirte *Molecularströme* in den diamagnetischen Körpern annimmt, welche den Ampère'schen Strömen des inducirenden Magneten entgegengesetzt gerichtet sind. Denselben kann Beharrlichkeit vindicirt werden, da sie auf ihren Bahnen um die Molecule keinen Widerstand haben. Der wesentliche Unterschied zwischen Wismuth und Eisen würde sonach darin zu setzen seyn, dafs im Eisen, unabhängig von äufserer Erregung, Molecularströme vorhanden sind, deren Richtung aber nicht unveränderlich, sondern dem Einflufs äufserer Kräfte unterworfen ist, was beim Wismuth nicht der Fall wäre. In Eisen und Wismuth können aber eine wechselnde oder abnehmende magnetische Kraft neue beharrliche Molecularströme induciren, die jedoch im Eisen viel schwächer seyn müssen, als die unabhängig von solcher Induction darin vorhandenen.

Hr. Poggendorff [2]) veröffentlichte beweisende Ver-

1) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 241.
2) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 475.

suche zu dieser Theorie. Hr. Plücker endlich dehnte dieselbe aus auf den gegen die anderen Richtungen vorherrschenden oder zurücktretenden Diamagnetismus oder Magnetismus der Axen der Krystalle, sowie der Gemenge aus magnetischen und diamagnetischen Substanzen. Derselbe formulirt diese Theorie dahin [1]): „dafs die magnetischen wie diamagnetischen Erscheinungen Inductionserscheinungen seyen, nur mit dem Unterschied, dafs bei der Induction magnetischer Substanzen der Nordpol einen Südpol, der Südpol einen Nordpol in seiner Nähe hervorruft; bei der Induction diamagnetischer Substanzen aber der Nordpol einen Nordpol, der Südpol einen Südpol. In die Sprache der Ampère'schen Theorie übersetzt kommt dieses darauf hinaus, dafs in magnetischen Substanzen Molecularströme hervortreten, die mit dem inducirenden Strome *gleiche* Richtung haben, in diamagnetischen Substanzen aber, Ströme von *entgegengesetzter* Richtung".

So natürlich nun diese Theorie aus der Erscheinung folgt, so war mir doch auffallend, dafs ein und dasselbe Agens entgegengesetzte Wirkungen haben sollte, je nachdem ihm die eine oder je nachdem ihm eine andere Substanz dargeboten würde. Im Eisen soll er die vorhandenen Molecularströme so richten, dafs sie im gleichen Sinne davor sich bewegen, welche den Magnetismus constituiren; im Wismuth sollen keine Molecularströme vorhanden seyn, sondern es soll der Magnetismus Molecularströme inducirен, welche denen des Eisens entgegengesetzt gerichtet sind, oder was dasselbe ist: in jedem Molecul des dargebotenen *Eisenstabes* soll sich der Nordpol dem erregenden Südpol zuwenden, in jedem Molecul eines angenäherten *Wismuthstabes* soll aber ein Südpol dem inducirenden Südpole sich zuwenden. „Es ist hier ein Widerspruch vorhanden (sagt Hr. Weber) den zu lösen der Schlüssel noch fehlt, wie er für den Rotationsmagnetismus fehlte, ehe Faraday die Erscheinungen der Induction entdeckte". Sollte es mir gelingen in Folgendem diesen Schlüssel zu

1) Pogg. Ann. Bd. 81, S. 115.

geben, so würde es mich freuen, auch meinerseits dieser Theorie in ihrer ganzen Ausdehnung beistimmen zu können.

In seinen Untersuchungen „über die Vertheilung des Magnetismus in Stahlmagneten und Elekromagneten“ [1]) zeigt Hr. von Rees, dafs in einem Stahl- oder Eisenmagnet das magnetische Moment der kleinsten Theilchen von der Mitte nach den Polen hin abnehmen mufs, wenn die Polarität des ganzen Stabes *gleichgerichtet* seyn soll den Polaritäten der kleinsten Theilchen; dafs aber bei derselben Richtung der Polaritäten der kleinsten Theilchen eine *entgegengesetzt* gerichtete Polarität des ganzen Stabes denkbar ist, wenn das magnetische Moment von der Mitte nach den Polen *zunimmt*, und dafs alsdann nur die Endflächen die gewöhnliche Polarität zeigen.

Wenn man nun auch noch bei keinem Magnet eine so sonderbare Vertheilung des freien Magnetismus beobachtet hat, so meine ich,

dafs man die Erscheinungen des Diamagnetismus auch ungezwungen daraus erklären könne, dafs man annimmt: der inducirende Magnet errege die kleinsten Theilchen magnetischer wie diamagnetischer Substanzen in gleichem Sinne, so dafs dem Südpol des Magneten die Nordpole aller kleinsten Theilchen zugewendet werden und umgekehrt; aber in diamagnetischen Substanzen nehme bei der gewöhnlichen Erregungsart das magnetische Moment der kleinsten Theilchen vom Ende nach der Mitte hin *ab*, während in magnetischen Substanzen das magnetische Moment der kleinsten Theilchen vom Ende nach der Mitte hin *zu*nimmt.

In der Sprache der Ampère'schen Theorie übersetzt hiefse dieses nichts anderes als

in magnetischen, wie in diamagnetischen Substanzen finden sich elektrische Molecularströme vor, welche durch den Magnetismus oder durch den elektrischen Strom so gerichtet werden, dafs sie sich in gleichem Sinne mit denjenigen Strömen bewegen, welche den magnetisiren-

1) Pogg. Ann. Bd. 70, S. 1. Bd. 74, S. 213.

den Einfluſs ausüben. Es findet einzig der Unterschied statt, daſs die diamagnetischen Körper der richtenden Kraft einen gröſsern Widerstand (eine gröſsere Coërcitivkraft) entgegensetzten, als die magnetischen Körper. Die Coërcitivkraft der diamagnetischen Körper ist so groſs, daſs die Molecularströme derselben von dem Centrum der Erregung aus in weit beträchtlicherem Maaſsstabe abnehmen, als dieses in magnetischen Substanzen der Fall ist.

Es sey mir erlaubt das hier Gesagte näher zu motiviren und in dieser Hinsicht die Anschauungen zu erweitern, welche Hr. von Rees gegeben hat:

Betrachten wir einen dem Einfluſs des Magnetismus ausgesetzten Stab von magnetischer oder diamagnetischer Substanz, so sind zwei Erregungsweisen möglich; entweder die erregende Ursache wirkt von den Enden des Stabes nach der Mitte, oder sie wirkt von der Mitte nach den Enden.

A. Wirkt die ursprünglich erregende Ursache von den Enden nach der Mitte, so wird sie 1) ihrerseits einen vertheilenden Einfluſs auf alle kleinsten Theilchen des Stabes haben. 2) Es ist möglich, daſs die magnetisch gewordenen kleinsten Theilchen wiederum Magnetismus induciren, und namentlich wird sich diese Wirkung auf die zunächst benachbarten Theilchen erstrecken. Endlich 3) wird auch der freie polare Magnetismus des ganzen Stabes wieder inducirend auf jedes Theilchen wirken.

1. *Die ursprünglich erregende Ursache soll allein vertheilend auf die Magnetismen der Theilchen wirken.* Denken wir uns eine in einer Linie liegende Reihe von materiellen Theilchen, von denen jedes eine Ausdehnung dx haben mag. In einem solchen Theilchen, dessen Endpunkt um die Gröſse x von der magnetisirenden Ursache absteht, als welche wir z. B. den Südpol eines kräftigen Magnets nehmen wollen, bewirke dieser Südpol eine magnetische Vertheilung, so daſs eine Quantität Magnetismus $= n$ ihm zugewandt, eine andere Quantität $= s = -n$ von ihm zurückgestoſsen wird. Das nächstfolgende Theilchen, dessen

Endpunkt um eine Gröfse $x+dx$ von dem erregenden absteht, wird von demselben eine geringere Erregung erfahren. Es werde in demselben eine Quantität Magnetismus $=n'$ $(<n)$ dem erregenden Südpol zugewandt, eine Quantität $s'=-n'$ von demselben zurückgestofsen. Für die Wirkung *nach aufsen* wird es gleichgültig seyn, in welchen Stellen der Theilchen die Mittelpunkte dieser magnetischen Kraftelemente sich befinden; sie wirken nach aufsen blofs durch das magnetische Moment. Es wird also erlaubt seyn, die Mittelpunkte dieser Kraftelemente derart in die Endpunkte der Theilchen zu verlegen, dafs die beiden einander zugekehrten Quantitäten s und n' in einem Punkt zusammenfallen. Das magnetische Moment v von s ist alsdann $-v=-ndx$, das magnetische Moment $v-dv$ von n' ist $v-dv=+n'dx$. Sonach sind die in diesem Punkte wirkenden magnetischen Kräfte auszudrücken durch:

$$s=-n=\frac{-v}{dx} \text{ und nach } n'=\frac{v-dv}{dx}$$

die in diesem Punkte vorhandene Quantität u des freien Magnetismus ist aber gleich der Summe dieser beiden Kraftelemente, es ist

$$u=s+n'=-n+n'=-\frac{dv}{dx}. \qquad (1)$$

Hr. von Rees zeigt, dafs die für eine Reihe von Theilchen geltenden Betrachtungen auch für eine Reihe von Schichten desselben unter magnetischem Einflufs befindlichen Körpers gilt, deren Dicke $=dx$ und deren Begränzungsebenen auf der Richtung der Magnetkraft senkrecht stehen, so dafs wir obige Gleichung auf den an irgend einer Stelle eines *Körpers* frei werdenden Magnetismus übertragen können, wenn auf demselben nur *eine* magnetisirende Kraft wirkt.

Wir nahmen an, dafs die magnetisirende Kraft ein Südpol sey, dafs also der dort vereinigte Magnetismus von entgegengesetzter Natur desjenigen sey, welcher in jedem Theilchen diesem Südpole zugewandt wird, und welchen wir mit $+n$, $+n'\ldots$, bezeichneten. Der an irgend ei-

ner Stelle auftretende *freie Magnetismus u ist* ebenfalls mit negativen Vorzeichen versehen, folglich *von derselben Natur als der erregende Magnetismus.*

Aufser dem hier betrachteten freien Magnetismus findet sich aber noch an den *Endflächen* freier Magnetismus vor, welcher keinestheils durch die entgegengesetzten benachbarten Theilchen compensirt wird. Und zwar wird der Magnetismus, welcher an der dem erregenden Pole zugekehrten Endfläche auftritt, von entgegengesetzter Natur, der an der abgewandten Endfläche von derselben Natur seyn, als der des erregenden Poles.

Bezeichnen wir die Summe der zwischen den einzelnen Theilchen hervortretenden Magnetismen mit $\Sigma u = -\Sigma \frac{dv}{dx}$ und bezeichnen wir die Magnetismen der Endflächen mit ν und $\sigma' = -\nu$, so findet die Vertheilung des Magnetismus für einen erregenden Pol von der Beschaffenheit $S = -N$ nach folgendem Schema statt:

$$S(=-N) \text{ erregt } \leftrightarrow : \nu + \Sigma u + \sigma$$

oder

$$\nu - \Sigma \frac{dv}{dx} - \nu' \qquad (2.)$$

Lassen wir die Erregung durch einen Nordpol bewerkstelligen, so wird sie natürlich nach folgendem Schema von statten gehen:

$$\nu' + \Sigma \frac{dv}{dx} - \nu : \leftrightarrow \text{ erregt } N.$$

Lassen wir drittens die Erregung so geschehen, dafs auf einer Seite des Körpers ein Südpol, auf der anderen ein Nordpol wirkt, so findet die Erregung nach folgender Uebersicht statt:

S erregt

$$\leftrightarrow : \nu - \Sigma \frac{dv}{dx} - \nu' + \nu' + \Sigma \frac{dv}{dx} - \nu : \leftrightarrow \text{ erregt } N$$

oder

$$\leftrightarrow : \nu - \Sigma \frac{dv}{dx} + 0 + \Sigma \frac{dv}{dx} - \nu : \leftrightarrow \qquad (4.)$$

Bei

Bei dieser Vertheilungsweise des Magnetismus im Stabe ist nun zweierlei möglich; entweder es ist $\nu > \Sigma \frac{dv}{dx}$, oder es ist $\nu < \Sigma \frac{dv}{dx}$.

a. Ist $\nu > \Sigma \frac{dv}{dx}$, dann überwiegt der mit ν bezeichnete an den Endflächen des Stabes auftretende Magnetismus gegen die Summe aller auf der einen Hälfte des Stabes frei gewordenen Magnetismen. Der Magnetismus der Endfläche ist aber ungleichnamig mit dem des zunächst liegenden Magnetpoles, es wird also der Stab sich axial stellen, oder er wird *schwach magnetisch* seyn. Vielleicht gehört die von Hrn. Faraday an Platin, Palladium und Osmium beobachtete Einstellung hierher.

b. Ist $\nu < \Sigma \frac{dv}{dx}$, dann überwiegt die Summe der über den Stab hinweg verbreiteten freien Magnetismen gegen den Magnetismus der Endflächen. Diese Summe hat aber dasselbe Vorzeichen als der erregende zunächst liegende Pol, es wird also der Stab abgestofsen werden; er wird sich aequatorial einstellen und die Substanz ist *diamagnetisch.*

Es läfst sich erklären, dafs dieser Fall der häufigste ist. Er wird namentlich dann eintreten, wenn die Magnetismen in den kleinsten Theilchen der Körper sich schwer vertheilen lassen, und dann, wenn die Theilchen des Körpers verhältnifsmäfsig weit von einander entfernt liegen. Werden die Magnetismen in den kleinsten Theilchen der Körper schwer vertheilt, dann wird einmal der Magnetismus der Endfläche ν sehr gering seyn, und ferner werden die ungleichnamigen Pole der Theilchen einander sehr nahe und die ungleichnamigen der benachbarten Theilchen verhältnifsmäfsig weit von einander entfernt liegen. Ist dieses aber der Fall, dann ist das magnetische Moment der Theilchen sehr gering und es wird der inducirende Einfluſs eines solchen Theilchens auf die benachbarten ebenfalls sehr gering. Da sich so überhaupt wenig Magnetismus ausschei-

det, wird auch der inducirende Einfluſs des ausgeschiedenen freien Magnetismus sehr zurücktreten. Alle diese Umstände bewirken aber, daſs von allen denkbaren erregenden Ursachen nur die einzige übrig bleibt, welche von den beiden äuſseren Polen ausgeht, deren Wirkung die Substanz ausgesetzt ist. Dasselbe Raisonnement läſst sich übertragen auf Körper, deren kleinste Theilchen sehr weit von einander entfernt sind; nur wäre, wenn sich in den Theilchen der Magnetismus leicht vertheilt, es denkbar, daſs alsdann der Magnetismus der Endflächen gegen $\Sigma \frac{dv}{dx}$ vorherrschte, also der unter *a.* behandelte Fall einträte.

Auffallend war mir die groſse Trägheit, mit welcher ein Wismuthstab sich aequatorial einstellt, wenn die Pole des Elektromagneten weit von ihm entfernt sind, oder mit anderen Worten, die bedeutende Abnahme der diamagnetischen Kraft mit der Entfernung. Die Erscheinung erklärt sich aber ungezwungen aus den gegebenen Anschauungen. Da wir bei der Vertheilung des Magnetismus in diamagnetischen Körpern nur die eine Ursache der äuſseren Magnetpole annehmen, so wird, wenn diese dem aufgehangenen Körper nahe gerückt werden, eine groſse Differenz zwischen den magnetischen Momenten der näheren und der entfernteren Theilchen, also auch eine groſse Quantität *u* von freiem Magnetismus an jeder Stelle vorhanden seyn. Werden aber die inducirenden Magnetpole von dem aufgehangenen Körper weiter entfernt, dann ist der Unterschied des magnetischen Momentes der kleinsten Theilchen und sonach auch die Quantität des freien Magnetismus viel geringer, als bei angenäherten Polen.

2. *Auſser der äuſseren Ursache,* welche wir hier durch einen oder zwei Magnetpole repräsentirten, *können* aber *noch andere Ursachen auf die Vertheilung des Magnetismus in den kleinsten Theilchen wirken.* Von diesen Ursachen sind zwei denkbar: Es kann nämlich *a*) ein jedes Molecul durch die übrigen magnetisirten Molecule eine vertheilende Wirkung erfahren, und diese wird sich wesentlich

auf die unmittelbar vorangehenden oder unmittelbar folgenden beschränken, da die übrigen entfernt genug sind, damit eine directe Einwirkung derselben vernachlässigt werden darf. Und *b*) ist es denkbar, dafs die Summe des über den Stab hinweg vertheilten freien Magnetismus, dessen Angriffspunkt wir in die Pole des Stabes versetzen, seinerseits wieder eine vertheilende Wirkung auf die Magnetismen der einzelnen Theilchen ausübt.

a) Eine namhafte Einwirkung der benachbarten Theilchen wird besonders dann stattfinden, wenn die Substanz überhaupt leicht magnetisch erregbar ist, und dann, wenn die kleinsten Theilchen der Substanz einander sehr nahe liegen. Für beide Fälle werden die Pole desselben kleinsten Theilchens sehr weit auseinander rücken, und so das magnetische Moment derselben vergröfsern. Es werden aber andererseits die ungleichnamigen Pole der benachbarten Theilchen einander nahe rücken und so sich gegenseitig verstärken. In dem Maafse aber, als ein jedes Theilchen eine magnetische Verstärkung erfährt, wird es wiederum stärker auf die benachbarten wirken können, so dafs die auf diese Weise erhaltene magnetische Spannung eine Function der Ausdehnung des Stabes ist [1]). Wenn aber ein jedes Theilchen die Wirkung des benachbarten verstärkt, und zwar in dem Maafse mehr verstärkt, als es selbst eine stärkere Quantität von Magnetismus entwickelt, so wird durch diesen gegenseitigen Einfluſs der Theilchen des Stabes eine ungleich gröfsere Quantität von Magnetismus vertheilt werden, als wenn dieser Einfluſs verschwindend klein wird. Ja es ist sogar denkbar, dafs unter solchen Umständen der Magnetismus, welchen die kleinsten Theilchen unter sich erregen, überwiegend ist gegen denjenigen, welcher durch die entfernten Magnetpole allein erregt werden

1) Diese gegenseitige Einwirkung der Theilchen auf einander ist vielleicht die Ursache der allmäligen Verstärkung des Elektromagnetismus in Eisenkernen, auf welche Hr. Faraday durch die bemerkbare Zunahme der Drehung der Polarisationsebene mittelst Elektromagnetismus aufmerksam wurde, und welche Hr. Plücker sogar durch das Gefühl nachwies.

würde [1]). Ist dieses aber der Fall, dann wird das magnetische Moment nicht, wie es früher geschah, von den Enden nach der Mitte, sondern vielmehr von der Mitte nach den Enden hin abnehmen. Die Quantität des freien Magnetismus ist alsdann, wenn wir abermals den Südpol eines äufseren Magneten als erregende Kraft annehmen, in irgend einer Stelle des Stabes, die um die Gröfse x von dem erregenden Pole absteht:

$$u = + \frac{dv}{dx} \qquad (5.)$$

Die Summe der freien Magnetismen hat alsdann das gleiche Vorzeichen des an den Endflächen freigewordenen Magnetismus und das entgegengesetzte des erregenden Poles. Das Schema für diese Erregung ist

$$S \text{ erregt } \leftrightarrow : v + \Sigma \frac{dv}{dx} - v' \qquad (6.)$$

oder wenn der Stab sich in der Nähe eines Nordpoles befindet

$$v' - \Sigma \frac{dv}{dx} - v : \leftrightarrow \text{ erregt } N \qquad (7.)$$

oder endlich, wenn der Stab sich zwischen einem Südpole und einem Nordpole befindet

$$S \text{ erregt } \leftrightarrow : v + \Sigma \frac{dv}{dx} + 0 - \Sigma \frac{dv}{dx} - v : \leftrightarrow \text{ erregt } N \qquad (8.)$$

Unter diesen Bedingungen ist der Stab *magnetisch*; er wird sowohl von dem Nordpol als von dem Südpol angezogen, und stellt sich axial.

1) Repräsentiren wir die Kraft der erregenden Magnetpole durch die Kraft, mit welcher ein Krahn ein Fafs hebt, und die erregende Kraft der kleinsten Theilchen durch die ⌒förmigen Haken, mit denen diese Last gefafst wird, so haben wir ein Bild für den obigen Zustand. Diese klammerförmigen Haken können so vorgerichtet seyn, dafs die Kraft, mit welcher sie die Last festhalten, in stärkerem Verhältnifs zunimmt als die Kraft, welche nothwendig ist, die Last zu heben. — Oder, was uns näher liegt: zwei nahe neben einander aufgehangene Eisenstückchen ziehen sich gegenseitig bis zum Festhaften an, wenn von entgegengesetzten Seiten ihnen zwei entgegengesetzte Magnetpole genähert werden, und folgen dann gemeinschaftlich dem stärkeren oder nähern Pole.

Im Allgemeinen wird bei der Erregung eines magnetischen Stabes auch nur durch *einen* äufseren Magnetpol sich eine bestimmte Stelle nachweisen lassen, auf welcher das magnetische Moment ein Maximum, also die Quantität des freien Magnetismus $= 0$ ist, und von welcher ab die entgegengesetzten Polaritäten sich über beide Seiten des Stabes hinweg verbreiten. Ich halte es für überflüssig hierauf weiter einzugehen, da in den angeführten Abhandlungen Hr. von Rees diesen Gegenstand schon erschöpfend besprochen hat.

Da wir annehmen, dafs die Erscheinungen der magnetischen Vertheilung im Gegensatz zu der diamagnetischen ihren Grund hauptsächlich in der inducirenden Wirkung der Theilchen des magnetischen Körpers auf die benachbarten habe; da wir also die Ursache dieser Erscheinung in das Innere des magnetischen Körpers legen, so läfst sich leicht erklären, warum eine weit geringere Abnahme der magnetischen Kraft mit der Entfernung der inducirenden Pole statt hat, als diejenige ist, die wir an der diamagnetischen Kraft beobachten. Diejenige Kraft nämlich, welche einen Körper zum magnetischen macht, sehen wir als eine Function der Lage und Anzahl der kleinsten Theilchen, sowie der ursprünglich erregenden Kraft an. Diejenige Kraft hingegen, welche von den erregenden Polen ausgeht, hat für sich das Bestreben, auch die magnetischen Körper diamagnetisch einzustellen, und ist blofs eine Function der Stärke und der Entfernung des Angriffspunktes dieser Kraft von den resp. kleinsten Theilchen des Körpers. Da aber mit der Entfernung der Pole die Entfernung und Zahl der kleinsten Theilchen des magnetischen Körpers in nichts geändert wird, so wird der erstere Theil der Kraft langsamer abnehmen als der letztere.

b) Die Summe des freien über den Stab hinweg vertheilten Magnetismus kommt in folgender Weise in Betracht. Die Angriffspunkte dieser Kraft sind die in dem inducirten Stabe entstandenen Pole des freien Magnetismus. Ist die Wirkung der erregenden Pole überwiegend

(in diamagnetischen Körpern), dann wird von den Enden des Stabes nach der Mitte hin diese Wirkung abnehmen, mithin die an jeder Stelle auftretende Menge von *freiem* Magnetismus (u) nach der Mitte hin gröfser werden. Die Pole eines diamagnetischen Körpers werden also mehr nach der Mitte desselben rücken, als nach den Enden. Ist aber die inducirende Wirkung der kleinsten Theilchen auf einander überwiegend, dann findet das Umgekehrte statt: die Pole rücken nach den Enden des (magnetischen) Stabes. In beiden Fällen wirkt dieser freie Magnetismus zu Gunsten der inducirenden Wirkung der kleinsten Theilchen. Bei den diamagnetischen Körpern kann diese Wirkung, wie schon gesagt, vernachlässigt werden; bei den magnetischen kommt sie in Betracht, und unterstützt das soeben unter 2. *b* gepflogene Raisonnement.

B. Die erregende Ursache wirkt von der Mitte des Stabes nach den Enden hin. Diese Art der Erregung kann durch geeignetes Streichen mit kräftigen Magneten oder aber durch den elektrischen Strom geschehen, der spiralförmig den zu magnetisirenden Stab umgiebt. Meines Wissens ist diese Erregungsweise noch nicht auf diamagnetische Körper übertragen worden. Sind aber die hier entwickelten Ansichten richtig, so mufs bei dieser Erregungsweise ein jeder Körper, der überhaupt erregt werden kann, eine magnetische Vertheilung zeigen, welche derjenigen im Eisen oder Stahl analog ist. Das magnetische Moment der kleinsten Theilchen mufs in der Mitte des Stabes am gröfsten seyn und nach den Enden hin abnehmen, es mufs also unter diesen Umständen eine gleichgerichtete Polarität des freien Magnetismus in magnetischen und diamagnetischen Substanzen auftreten.

Ein Magnetisiren diamagnetischer Substanzen durch Bestreichen mit Stahl oder elektrischen Magneten hielt ich nicht für geeignet, indem die geringsten Spuren von Eisen oder Eisenoxyd die Erscheinungen an diamagnetischen Substanzen schon trüben können.

Um aber die Wahrheit dieses Satzes zu prüfen, be-

diente ich mich der Magnetisirung durch den elektrischen Strom. Ich legte einen Wismuthstab von etwa 32^{mm} Durchmesser und 160^{mm} Länge in einen Glascylinder, über welchen eine Spirale von Kupferdraht gewunden war. Das Wismuth war rein und stellte sich zwischen den Polen eines Elektromagneten aequatorial. Die Spirale hatte je 45 Windungen in 5 Lagen und der Kupferdraht war $1\frac{3}{4}^{mm}$ dick. Sie wurde durchflossen von einem Strom, den vier Platinzink-Elemente von je 12 □ Zoll Platinblech erzeugten. Die Spirale wurde etwa 200^{mm} entfernt auf der Westseite einer kleinen, an einem Kokonfaden aufgehangenen, Declinationsnadel [1]) aufgestellt und durch einen auf der Ostseite befindlichen Nebenmagneten die Nadel wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgebracht. Wurde nun der Wismuthstab aus der Spirale entfernt, so wich die Declinationsnadel zu Gunsten des compensirenden Magnetstabes aus, wurde sie wieder in die Spirale gelegt, so wich die Magnetnadel zu Gunsten der Spirale aus. Die Aenderung, welche der Wismuthstab in der Lage der Declinationsnadel hervorbrachte, war gering, sie entsprach einer Ablenkung von etwa $\frac{1}{4}^{0}$ aber war doch deutlich und unbestritten wahrnehmbar. Das Schwanken des Stromes machte den Versuch ebenfalls schwierig, daher nur diejenigen Beobachtungen von Werth seyn konnten, die in Momenten eines vollkommen constanten Stromes sich ermöglichen liefsen. Ich hoffe wenigstens, dafs ich mich bei einer mindestens 30 maligen Wiederholung des Versuches nicht getäuscht habe, dafs ich vielmehr aussprechen darf:

Wismuth erhält innerhalb der elektrischen Spirale eine zwar schwächere aber eine gleich gerichtete Polarität, wie das weiche Eisen.

Ich wollte auch andere Körper auf diese Weise prüfen und von solchen würde Antimon am geeignetsten gewesen seyn; doch konnte ich mir dasselbe nicht chemisch rein verschaffen. Eine Stange, welche ich gegossen hatte, stellte

1) Die Vorrichtung ist näher beschrieben in Poggendorff's Annalen Bd. 78, S. 22.

sich zwischen den Polen eines grofsen Elektromagneten axial, war also eisenhaltig. Durch Wasser, das ich in einer Glasröhre der Wirkung der Spirale aussetzte, erhielt ich keine Ablenkung Doch zweifle ich keinen Augenblick, dafs durch stärkere Mittel, als mir zu Gebote stehen, auch andere diamagnetische Substanzen den gleichen Bescheid wie Wismuth geben.

Es war mir ferner darum zu thun, auch das Umgekehrte experimentell nachzuweisen, d. h. zu versuchen, ob nicht etwa auch magnetische Substanzen sich aequatorial einstellen könnten. Zugleich wäre hierdurch eine Frage beantwortet, welche Hr. Plücker in anderem Zusammenhange irgendwo aufgeworfen hat. Dieses würde dann geschehen können, wenn die Pole des inducirenden Magneten sehr kräftig wirken und wenn die Coërcitivkraft der magnetischen Substanz durch eine grofse Velängerung und Verdünnung derselben möglichst verstärkt würde. Zu dem Ende hing ich zwischen den 380^{mm} entfernten Polen eines sehr kräftigen Elektromagneten an einem ungedrehten Kokonfaden, der an der Decke des Zimmers befestigt war, einen Ωförmigen Claviersaitendraht von der dünnsten Sorte und von etwa 2 Metr. Länge auf. Ich glaubte durch Vermehrung der Wirkung auf die horizontalen Theile und durch Verminderung derselben auf den gebogenen Theil den in der Formel 4, besprochenen Fall erreichen zu können, doch blieb der Draht magnetisch und wurde heftig gegen die Pole gezogen.

Nickel hat offenbar eine stärkere Coërcitivkraft als Eisen, es wäre möglich mit demselben den angegebenen Versuch auszuführen, doch steht mir diese Substanz nicht in geeigneter Form zu Gebote. Wenigstens wollte ich den Versuch mit Neusilberdraht anstellen, als mir einfiel, dafs diese Substanz unter die Rubrik der Gemenge von magnetischen und diamagnetischen Substanzen gehört und mit solchen die Versuche schon vielfach ventilirt worden sind.

In Wahrheit gehören aber die Erscheinungen, welche an Gemengen aus magnetischen und diamagnetischen Sub-

stanzen, namentlich durch Hrn. Plücker wahrgenommen worden sind, ganz hierher und bestätigen, was ich suchte. Die Erklärung, welche Hr. Plücker von diesen Erscheinungen giebt, lassen nichts zu wünschen übrig, wenn man überhaupt eine specifische Verschiedenheit zwischen der diamagnetischen und magnetischen Kraft annehmen will; doch hoffe ich, dafs die folgende Erklärung, neben jener meines verehrten Lehrers, statthaft seyn dürfte.

Mengen wir nämlich magnetische und diamagnetische Substanzen, so thun wir nach meiner Ansicht nichts anderes, als dafs wir die Coërcitivkraft vermehren, ohne dafs wir die inducirende Wirkung der kleinsten Theilchen auf einander zum Verschwinden bringen. Ein Magnetpol in nächster Nähe wird nun so stark wirken können, dafs er die inducirende Wirkung der kleinsten Theilchen überwiegt, also ein abnehmendes magnetisches Moment der kleinsten Theilchen nach der Mitte des Stabes provocirt. Unter diesen Bedingungen finden aber die Schemata 2 — 4 Anwendung und der Stab wird abgestofsen oder stellt sich aequatorial. In gröfseren Entfernungen nimmt aber die inducirende Wirkung des äufseren Magnetpoles ab, während die der kleinsten Theilchen auf einander ihr Recht behauptet. Von einer gewissen Entfernung an wird alsdann der letztere Einflufs überwiegen können, also die magnetische Vertheilung im Stabe analog den Schematen 6 — 8 geschehen, d. h. es wird der Stab angezogen oder er wird sich axial zwischen den Magnetpolen einstellen.

Eine Annäherung und Entfernung der Pole von dem zwischen ihnen aufgehangenen Körper hat aber ähnliche Wirkung, als ob bei gleichbleibendem Abstand ihre Kraft vermehrt oder vermindert wird. Da nämlich die von den Polen ausgehende Kraft in allen, auch in den magnetischen Körpern den diamagnetischen Zustand hervorzurufen strebt, und der magnetische Zustand nur durch den inducirenden Einflufs der einzelnen Theilchen möglich ist, so wird dieser letztere eine Function der Anzahl und gegenseitigen Lage dieser Theilchen seyn. Da aber die Zahl und Lage dieser Theil-

chen dieselbe bleibt, wenn die Kraft der Pole vermindert wird, so wird der diamagnetische Einfluſs derselben mit ihrer Kraft vermindert, während der übercompensirende magnetische Einfluſs der kleinsten Theilchen noch sein Recht behauptet. Ein aus diamagnetischen und magnetischen Substanzen gemengter Körper kann sonach von schwacher Kraft angezogen, von stärkerer abgestoſsen werden.

Eine Uebertragung der hier erörterten Ansichten in die von Ampère gegebene Anschauung über das Wesen des Magnetismus, bietet jetzt keine Schwierigkeit dar.

Es sey mir die Annahme erlaubt, daſs in allen Körpern, auf welche überhaupt der Magnetismus einen Einfluſs äufsert, elektrische Molecularströme vorhanden seyen, und daſs dieselben durch den Einfluſs des Magnetismus oder eines gleichwerthigen elektrischen Stromes in allen Körpern in gleichem Sinne und zwar parallel dem inducirenden Strome oder denen Strömen gerichtet werden, welche nach der Ampère'schen Theorie die Molecule eines Magneten umflieſsen. Die verschiedenen Körper unterscheiden sich aber nur dadurch, daſs sie dem richtenden Einfluſs einen verschiedenen Widerstand entgegensetzen.

1. Lassen wir diese Ströme durch zwei Magnetpole in einem zwischen ihnen schwebenden Stabe richten, so werden, wenn die Substanz desselben dem Einfluſs einen groſsen Widerstand entgegensetzt, diese Ströme in den näheren Theilchen energischer gerichtet werden, als in den entfernteren. In der Erscheinung kommt dieses auf dasselbe hinaus, als ob den Polen zunächst *starke*, und entfernter von ihnen immer *schwächere* Ströme vorhanden wären. Ein Körper, in welchem diese Erscheinung eintritt, wird aber von den Magnetpolen abgestoſsen.

Allerdings sagte bisher die Ampère'sche Theorie, daſs parallele, gleichgerichtete Ströme sich anziehen, ohne daſs sie auf die relative Stärke der Ströme Rücksicht nimmt, so daſs eine Spirale, welche im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers gewunden ist, und in welcher der Strom sich in demselben Sinne bewegt, an der Eintrittsstelle des Stro-

mes einen Südpol hat. Dieses ist aber nur der Fall, wenn der Strom in allen Windungen gleich stark, oder wenn der Strom in der mittleren Windung der Spirale am stärksten ist, in jeder Windung schwächer und an den Enden der Spirale am schwächsten wird. Ist aber die Spirale so beschaffen, dafs der Strom in den äufsersten Windungen am stärksten ist, in jeder nachfolgenden abnimmt und in der Mitte am schwächsten wird: dann verhält sich eine solche Spirale bei gleicher Richtung der Windungen und bei gleicher Richtung des Stromes in denselben umgekehrt. Das Ende derselben, bei welchem der Strom eintritt, wird vom Nordpol nicht angezogen, sondern abgestofsen. Um dieses zu verificiren, löthete ich an die Enden von zwei starken Kupferdrähten (Taf. I. Fig. 6) *ab* und *cd* je 10 dünne mit Seide übersponnene Kupferdrähte. Dann wand ich eine Windung von allen 10 Drähten rückwärts über den stärkeren Draht. Hierauf wurde die zweite Windung blofs mit 9 Drähten gewunden, während der 10. die Richtung des Centraldrahtes bekam. So wurde stets bei der folgenden Lage ein Draht weniger gewunden bis endlich die 10. und letzte Windung blofs aus einem Draht bestand. Beide so erhaltene Systeme wurden, wie in der Figur, an einander gelegt und die freien Enden der zweimal 10 Drähte von beiden Seiten an einander gelöthet. Auf diese Weise konnte es geschehen, dafs durch Theilung des Stromes, welcher in *c* eintrat, ein spiralförmiger Strom entstand, welcher in *d* am stärksten war, nach der Mitte zu in jeder Windung schwächer wurde, von da aus wieder sich in jeder Windung verstärkte, bis er in der letzten Windung bei *b* wieder dieselbe Stärke hatte, wie in der ersten bei *d*, und welcher bei *a* wiederum austrat. Dieses System wurde bei *a* und *c* in gewöhnlicher Weise beweglich in Quecksilbernäpfchen getaucht, aufgehangen. Trat nun in das Näpfchen *c* der Strom ein und trat er in dem Näpfchen *a* aus, so wurde durch einen in der Nähe und parallel der Spirale gehaltenen Nordpol *N* eines Stabmagneten die Spirale abgestofsen. Dasselbe geschah, wenn ein Südpol

in die Nähe von *b* gebracht wurde. Anziehung ergab sich aber, wenn die Pole an den resp. Stellen vertauscht wurden.

Dieser Versuch beweist nicht allein die Richtigkeit meiner Annahme, sondern er zeigt auch, dafs

der Satz der Ampère'schen Theorie: „elektrische Spiralen, in denen der Strom in dem Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers orientirt ist, haben bei Eintritt des Stromes einen Südpol", mit dem Zusatze versehen werden mufs: „wenn die Stromstärke in allen Windungen gleich, oder nach der Mitte der Spirale stärker ist"; dafs aber das Umgekehrte eintritt, wenn der Strom in den äufsersten Windungen stärker und in der Mitte am schwächsten ist.

Dieser Versuch entspricht aber dem Verhalten der Ströme in *diamagnetischen* Körpern.

2. Nehmen wir an, dafs die Substanz eines Körpers dem richtenden Einflufs äufserer Magnetpole einen geringen Widerstand entgegensetzt; so werden wir auch annehmen können, dafs die Molecularströme auf die ihnen benachbarten einen genügenden Einflufs äufsern können, um sie energischer zu richten, als es ohne sie durch die äufseren Magnetpole geschieht. Es ist denkbar, dafs auf diese Weise eine elektrische Spannung in den Moleculen der Körper erregt wird, so, dafs die Stärke der Ströme z. B. in der Mitte der Körper am bedeutendsten ist und nach den Enden hin abnimmt. In diesem Falle werden aber bewegliche Systeme von elektrischen Strömen so gestellt, dafs sie gleichlaufenden parallel gerichtet werden. Auf Körper aber, in denen ein solches Verhalten stattfindet, äufsern die Pole eine Anziehung; solche Körper sind *magnetisch*.

Dieses Verhalten läfst sich figürlich durch Spiralen darstellen, welche ähnlich den so eben beschriebenen sind, nur mit dem Unterschied, dafs die stärksten Windungen in der Mitte, die schwächsten an den Enden derselben sich befinden.

Aus dieser Anschauung läfst sich nun einfach der Versuch erklären, durch welche Hr. Weber die entgegengesetzte Richtung der Inductionsströme nachwies, welche durch Wismuth und durch Eisen entstehen. Hr. Weber bewegte einmal einen Wismuthstab und dann einen Eisenstab, die unter Einfluſs eines Magnetpoles sich befanden, in einer Spirale, die mit einem Galvanometer in Verbindung war. Bei derselben Richtung der Bewegungen beider Stäbe erhielt er entgegengesetzten Ausschlag des Galvanometers. Nehmen nun wirklich die Ampère'schen Molecularströme im Wismuth in derselben Richtung an Stärke ab, in welcher sie im Eisen zunehmen, so werden beim Hineinstoſsen des Wismuths in die Inductionsspirale immer schwächere Ströme den Windungen derselben angenähert, während bei derselben Richtung der Bewegung durch das Eisen immer stärkere *Ströme* angenähert werden. Im ersten Falle haben wir also ein Abnehmen, im anderen ein Wachsen des inducirenden Stromes; beide bringen, wie bekannt, entgegengesetzte Inductionsströme hervor.

Daſs die Axen der Krystalle, wie Hr. Plücker entdeckte, einen vermehrten oder verminderten Diamagnetismus oder Magnetismus zeigen, erklärt sich leicht aus der — durch Hrn. Wiedemann schon bewiesenen — Annahme, daſs die Elektricität sich nach den Richtungen der Axen leichter oder schwerer bewegt, also auch nach diesen Richtungen hin die Orientirungsfähigkeit der Ampère'schen Ströme eine andere ist, als nach den darauf senkrechten.

Eine Stütze für die entwickelte Ansicht, bietet auch die Drehung der Polarisationsebene durch den elektrischen Strom dar. Diese Drehung geschieht stets in dem Sinne des elektrischen Stromes. Diese Drehung erklärt sich durch Annahme zweier, nach entgegengesetzter Richtung circular polarisirter Strahlen, welche die, dem Einfluſs des Magnetismus ausgesetzte, Substanz durchlaufen. Findet aber die Drehung im angegebenen Sinne statt, so muſs derjenige Strahl, welcher im Sinne des elektrischen Stromes circular polarisirt ist, voraneilen. Und dieses entspricht der Rich-

tung, in welcher sich nach den erörterten Ansichten die Ampère'schen Molecularströme bewegen.

Wenn sich nun alle Erscheinungen des Magnetismus und Diamagnetismus, nach dieser Annahme mit Leichtigkeit erklären lassen, so gestehe ich doch, macht mich das eine gegen sie mifstrauisch, dafs sie von Hrn. von Rees selbst nicht entwickelt wurde, da demselben diese Anschauungen näher lagen, als mir. Sollte aber auch diese Theorie für unstatthaft befunden werden, so hat sie sicher den Nutzen, zu Versuchen anzuregen, welche entweder ihre Richtigkeit oder ihre Nichtigkeit beweisen.

Greifswald, den 21. Nov. 1850.

VI. *Ueber einen Apparat zur Darstellung verschiedener Reactionserscheinungen; von Carl Sondhaufs.*

Ich habe schon vor längerer Zeit einen einfachen und wohlfeilen Apparat construirt [1]), mit welchem sich die verschiedenen Reactionserscheinungen sehr bequem nachweisen lassen, und erlaube mir, um einem Wunsche des geehrten Herausgebers dieser Annalen zu genügen, darüber eine Mittheilung zu machen.

Der Apparat ist auf folgende Weise eingerichtet:

Die Glasröhre *ab* (Taf. I. Fig. 7) ist an dem Ende *b* durch Ausziehen vor der Glasbläserlampe verengt und mit einer eingeschmolzenen oder auch eingekitteten Spitze *bd*, etwa einer abgebrochenen Nähnadel, versehen. Unterhalb dieser Spitze, bei *c*, ist in der Röhre eine Oeffnung ange-

1) Eine kurze Beschreibung desselben befindet sich in der „Uebersicht der Arbeiten und Veränderungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur im Jahre 1847".

bracht, welche man am bequemsten durch Durchblasen herstellt. Auf der eingeschmolzenen Spitze schwebt eine weitere Glasröhre *fefe*, welche bei *d* so ausgezogen und zugeschmolzen ist, dafs die Spitze der Verengung in die Axe fällt und die innere Vertiefung daher als Hütchen dienen kann. In den zwei entgegengesetzten Punkten *ff* sind in diese weitere Röhre zwei gleich lange engere Röhren *fg* eingesetzt, deren Enden nach entgegengesetzter Seite umgebogen und bis auf ein Lumen von 1 bis 2 Mllm. verengt sind. Man kann diese beiden Röhren entweder an die weitere Röhre angeschmolzen oder auch mittelst kleiner Korke in halsähnliche Oeffnungen, die sich in einer weiten Glasröhre leicht durchblasen lassen, einkitten.

Die untere Oeffnung *ee* der weiteren Röhre wird durch Quecksilber abgesperrt, welches man in eine über der mittleren Röhre *ab* gesteckte, entweder aus Holz gedrehte oder aus einem abgeschnittenen Lampencylinder und einem Pfropfen angefertigte Schale *lkkl* gießt. Die weite Röhre ist noch durch einen darum gelegten Metallring *hh* beschwert, damit sie durch den Druck des einströmenden Fluidums nicht in die Höhe gehoben werde. Das kleine Instrument wird nun mittelst des Pfropfens *mm* oder einer statt desselben vorhandenen mit einem Schraubengewinde versehenen Messingfassung auf den Apparat befestigt, aus welchem das Fluidum strömt, dessen Druck man als bewegende Kraft benutzen will. Das Fluidum geht durch die mittlere Röhre *ab* und die Oeffnung *c*, erfüllt den durch Quecksilber abgesperrten Raum zwischen der mittleren und der weiteren Röhre und treibt, indem es aus den nach der Seite gebogenen Spitzen der beiden Arme *fg* heraustritt, diese nach dem Principe des Segner'schen Wasserrades und der Heron'schen Dampfkugel nach der den Oeffnungen entgegengesetzten Richtung.

Man kann sich des Apparats zunächst zur Verdeutlichung der Althans'schen Mühle bedienen, wenn man ihn auf den kürzeren Schenkel einer *U*förmig gebogenen Röhre, durch welche man Wasser fliefsen läfst, setzt. Es reicht

der Wasserdruck von wenigen Zollen hin, um die bewegliche Röhre ziemlich rasch rotiren zu lassen, selbst dann, wenn der Apparat in einem tiefen Gefäse ganz unter Wasser gesetzt ist. Das Wasser rotirt hierbei, wie die darin schwimmenden Staubtheilchen zeigen, in der entgegengesetzten Richtung.

Noch leichter und rascher bewegt sich der Apparat, wenn man eine elastische Flüssigkeit durch denselben strömen läfst. Man setzt ihn zu diesem Behufe mittelst des Pfropfens auf den Hals einer Gasentbindungsflasche oder auf das Rohr eines Gasometers, oder auch auf den Hals eines Kolbens, in welchem man Wasser oder Weingeist zum Kochen bringt. Soll comprimirte Luft gebraucht werden, so befestigt man den Apparat entweder auf den Teller einer Hahnluftpumpe oder auf das Rohr eines Blasetisches. Ist kein solcher vorhanden, so kann man sich auch einer zweihälsigen Flasche bedienen, auf deren senkrechten Hals man den Apparat setzt. Bläfst man mit dem Munde in den anderen Hals, so kann man ohne Anstrengung den Apparat in rasche Rotation versetzen und lange darin erhalten. Der auf der Spitze schwebende Theil des Apparats ist nämlich so leicht beweglich, dafs eine Compression des elastischen Fluidums von noch nicht 1 Zoll Wasserdruck ausreicht, ihn in Bewegung zu versetzen, und ein Druck von 2″ bis 3″ die rascheste Rotation herbeiführt. Es versteht sich hierbei von selbst, dafs man die Röhre *ab* genau senkrecht einstellen mufs und in die oben erwähnte Schale nicht zu viel Quecksilber eingiefsen darf. Läfst man ein brennbares Gas z. B. Wasserstoffgas oder Kohlenwasserstoffgas den Apparat treiben, so kann man den Versuch noch dadurch interessanter machen, dafs man das aus den Oeffnungen tretende Gas anzündet und auf diese Weise rotirende Gasflammen erhält.

Die grofse Rotationsgeschwindigkeit, welche man dem Apparate durch einen verhältnifsmäfsig geringen Luftdruck geben kann, macht denselben noch zu einem andern Zwecke geeignet. Man kann sich nämlich desselben statt des Bu-

solt'-

solt'schen Kreisels bedienen, um Farbenscheiben in Rotation zu versetzen. Ich kitte zu diesem Zwecke auf die Spitze *d* der beweglichen Röhre eine Pappscheibe, auf welche ich die Farbenscheibe lege. Die zu erlangende Geschwindigkeit ist zu diesen Versuchen vollkommen ausreichend, und man hat, aufser dem Vortheil der leichten Handhabung des Apparats, noch den, dafs man die Rotationsgeschwindigkeit beliebig steigern und mäfsigen kann.

Schraubt man den Apparat auf den Teller einer Luftpumpe, setzt eine grofse Campane darüber, evacuirt aus derselben die Luft und läfst dann durch den vorsichtig geöffneten Hahn einen sehr schwachen Luftstrom eintreten, so rotirt das bewegliche Rohr leicht und rasch in dem luftverdünnten Raume, und man kann daher auf diese Weise den geringeren Widerstand des dünneren Mediums nachweisen. Der Versuch wird noch entscheidender, wenn man an die beiden Seitenarme Papierflügel befestigt.

Ich habe mit diesem Apparate noch folgenden, wie ich glaube, nicht uninteressanten Versuch angestellt, durch welchen nachgewiesen wird, dafs eine um ihre Axe rotirende cylindrische Orgelpfeife im Wentlichen ebenso tönt wie eine ruhende. Es ist zu diesem Versuch blofs eine Abänderung (Taf. I. Fig. 8) an dem beweglichen weiten Rohre *fefe* erforderlich, welche darin besteht, dafs man dasselbe an dem oberen Ende nicht durch Zusammenschmelzen schliefst, sondern dort mittelst eines Pfropfens eine kleine zinnerne Orgelpfeife *pq* (Fig. 8) einsetzt. Das Hütchen *o* wird durch einen schmalen Blechstreifen *rs* getragen, dessen umgebogene Enden inwendig an die Glasröhre angekittet sind. Die in der mittleren Röhre *ab* angebrachte Oeffnung *c* mufs hierbei die gehörige Gröfse haben, damit trotz des stärkeren Luftverbrauchs noch die erforderliche Spannung im Innern der weiteren Röhre erhalten werden kann.

Ich erlaube mir noch die Bemerkung, dafs ich den besprochenen Apparat ursprünglich in der Absicht construirt

habe, um mit ihm eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne zu erhalten, indem ich nämlich erwartete, dafs das bewegliche Rohr in der Richtung der beiden Seitenöffnungen rotiren würde, wenn ich die Luft durch das Rohr *ab* mittelst der Luftpumpe evacuirte. So leicht und rasch jedoch der Apparat, auch bei geringer Compression der Luft, der Reactionsbewegung folgt, so ist es mir doch, trotz mannigfacher an ihm vorgenommenen Abänderungen, bis jetzt noch nicht möglich gewesen, ihn durch Evacuation der Luft zum Rotiren in der entgegengesetzten Richtung zu bringen. Da ich für jetzt mit anderen Gegenständen beschäftigt bin und auch nicht die Mittel habe, den Versuch im gröfseren Maafsstabe anzustellen, so werde ich mich freuen, wenn Jemand, dem zur raschen Luftevacuation geeignete Apparate zu Gebote stehen, den Versuch mit glücklicherem Erfolge wiederholte.

VII. *Ueber das von Terpenthinöl und Zuckerlösungen auf die Wärmestrahlen ausgeübte Drehvermögen; von den HH. F. de la Provostaye und P. Desains.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XXX., p.* 267.)

In einer Abhandlung, in den *Compt. rend. T. II.*, haben die HH. Biot und Melloni gezeigt, dafs der senkrecht gegen die Axe geschnittene Quarz eine ähnliche drehende Wirkung auf die polarisirte Wärme ausübt wie auf das Licht [1]). In einer neueren Arbeit in den *Annal. de chim. et de phys. Sér. III. T. XI., p.* 109, fügt seitdem Hr. Biot

1) Diese Ann. Bd. 38, S. 202.

hinzu: „Man hat nicht versucht, ob diese Eigenschaft, die Wärmestrahlung zu modificiren, sich auch bei den Flüssigkeiten finde, die eine drehende Wirkung auf das polarisirte Licht ausüben, und es hätte viel Interesse die Einerleiheit oder Unähnlichkeit der Wirkung in diesem Falle, wo sie rein molecular ist, nachzuweisen". Wir haben die Lösung dieser Frage unternommen und uns vorgesetzt, die dabei erhaltenen Resultate hier vorzulegen.

Bei allen unseren Versuchen haben wir mit polarisirter und durch Refraction möglichst vereinfachter Sonnenwärme gearbeitet. Um sie in diesem Zustand zu bekommen zerstreuten wir durch ein recht reines Prisma ein Sonnenbündel, das successiv durch einen engen Spalt und durch ein Kalkspath gegangen war. Das Spectrum war so rein, dafs man die Fraunhofer'schen Linien darin erkennen konnte. Durch Absonderung der Strahlen einer bestimmten Farbe aus diesem Spectrum konnte man leicht erkennen, dafs ihre Polarisation vollständig war. Es reichte dazu hin, sie mit einem zweiten zerlegenden Prisma aufzufangen, wodurch sie sich gabelten und zwei Bilder lieferten, von denen eins verschwand, sobald der Hauptschnitt parallel oder senkrecht war auf dem des polarisirenden Prismas.

Bei Drehung des Zerlegers blieb das eine dieser Bilder fest und fiel, durch eine zweckmäfsig angebrachte Oeffnung gehend, auf die Säule des thermoskopischen Apparats. Wir versicherten uns wiederholentlich, dafs, bei Drehung des analysirenden Prismas, die Intensität der durch dieses Bild auf den Apparat ausgeübten Wärmewirkung genau dem Malus'schen Gesetze folgte. Da die von uns zur Messung der Drehungen angewandten Methoden dieses Gesetz voraussetzen, so wollen wir einige bei diesen vorläufigen Versuchen erhaltene Resultate anführen. Man wird, wenn man will, die Resultate bestätigt sehen, welche wir im vorigen Jahre mit der das weifse Sonnenlicht begleitenden Wärme erhalten haben.

Versuche mit der Wärme, welche die äufsersten rothen Strahlen begleitet.

Lage des Hauptschnitts des Zerlegers.	Ablenkung.	Verhältnifs.
Parallel der ursprüngl. Polarisationsebene	22°,00	0,50
45° rechts oder links von dieser Ebene	11 ,00	
Parallel derselben	16 ,5	0,76
45° rechts oder links	12 ,75	
Parallel derselben	15 ,9	0,50
45° rechts oder links	7 ,9	
Parallel derselben	15 ,7	0,732.
45° rechts oder links	11 ,5	

Es sind diefs nicht die einzigen Prüfungen, welche wir gemacht. Wir haben uns mehrmals versichert, dafs die Summe der bei zwei unter sich rechtwinkligen Lagen des zerlegenden Spaths erhaltenen Intensitäten constant sind, wie diese Lagen auch seyn mögen.

		Ablenkung.
Hauptschnitt	18°,5 rechts vom 0° des Limbus	11,4
	71 ,5 links	7,2
	Summe	18,6
Hauptschnitt	33°,5 rechts vom 0° des Limbus	6,6
	56 ,5 links	11,7
	Summe	18,3.

Wie man sieht, weichen die Summen wenig von einander ab. Bei diesen Versuchen waren die Hauptschnitte beider Kalkspäthe parallel, sobald der des Zerlegers sich etwa 20° links vom Nullpunkt befand.

Nachdem alle angezeigten Vorsichtsmaafsregeln getroffen und der Zerleger in eine solche Stellung gebracht worden, dafs das auf die Säule fallende Bild ausgelöscht und zugleich die Wärmewirkung Null war, stellte man in die Bahn der Strahlen ein durch zwei parallele Glasplatten verschlossenes Glasrohr, welches mit der wirksamen Flüssigkeit, z. B. Terpenthinöl oder Zuckersyrup, gefüllt war. Sogleich kam das Lichtbild und somit die thermoskopische

Wirkung wieder zum Vorschein. Beide aber konnten durch eine zweckmäfsige Drehung des Zerlegers wiederum vernichtet werden.

Zur Stütze dieser Behauptung wollen wir die Zahlen geben, die wir an der Drehung der Polarisationsebene der das grüne Licht begleitenden Wärme beobachteten, als dieselbe durch ein $0^m,15$ langes mit Terpenthinöl gefülltes Glasrohr ging. Wenn die ursprüngliche Polarisationsebene so wie die Linie $0° - 180°$ des Limbus, welcher die Drehung des Zerlegers mafs, vertical war, war vor der Einschaltung der wirksamen Flüssigkeit jede Wärmewirkung vernichtet, sobald der Hauptschnitt des Zerlegers auf $90°$ war.

Nach der Einschaltung der Flüssigkeit hatte man bei derselben Lage des Prismas eine Ablenkung von $14°,5$, dagegen nur eine Ablenkung von $5°,5$, wenn der Hauptschnitt auf dem Nullpunkt der Theilung war. Das Lichtbild und die Wärmewirkung verschwanden vollständig, sobald dieser Schnitt auf $-32°$ stand.

Diese Thatsachen beweisen unwiderleglich, dafs die Polarisationsebene der Wärmestrahlen eine Drehung erleidet von gleicher Art und gleichem Sinn, wie die, welche die Lichtstrahlen beim Durchgang durch eine optisch-wirksame Flüssigkeit erfahren. Was die absolute Gröfse betrifft, so findet sich in ihrer genauen Bestimmung einige Schwierigkeit, weil der thermoskopische Apparat, ungeachtet seiner Empfindlichkeit, doch weniger empfindlich als das Auge ist. Um diefs wohl zu begreifen, bemerken wir zunächst, dafs unter den günstigsten Umständen, d. h. wenn der Hauptschnitt des Zerlegers parallel war der Polarisationsebene des Strahls, die Gröfse der Ablenkungen niemals 25 Abtheilungen überstieg. Bei $85°$ und $90°$ dieser Stellung müfste man also, dem Malus'schen Gesetze zufolge, eine Ablenkung von $25° \times \cos^2 85$ oder 0,18 Abth. beobachten und kaum ist es möglich so geringe Abweichungen wahrzunehmen. Es wäre nicht sicherer gewesen, die dem Zerleger zur Erreichung des Maximum-Effects zu gebende

Lage durch einfache galvanometrische Beobachtungen aufzusuchen.

Wir nahmen zu anderen Verfahrungsweisen unsere Zuflucht, die wir hier successive auseinander setzen wollen.

Wenn es nicht leicht ist, die Lage des Zerlegers zu finden, für welche man das Ablenkungsmaximum erhält, so bestimmt sich die Gröfse dieses ohne Umstände. Dazu braucht man nur die Effecte zu beobachten, die zweien unter sich rechtwinklichen Lagen des Kalkspaths entsprechen. Ihre Summe ist, nach dem Malus'schen Gesete, gleich dem Maximum-Effect. Dividirt man durch dieses Ablenkungsmaximum diejenige Ablenkung, welche einer bestimmten, aber beliebigen Richtung des Hauptschnittes entspricht, so erhält man das Quadrat des Cosinus von dem Winkel, den diese Richtung mit der abgelenkten Polarisationsebene macht und folglich kennt man die Gröfse der Drehung. Fällt diese zwischen 30 und 60°, so ist es bequem die Ablenkungen für die Lagen 0° und 90° des zerlegenden Kalkspaths zu beobachten. Das Quadrat des Cosinus der gesuchten Drehung erhält man unmittelbar indem man den bei 0° erhaltenen Effect dividirt durch die Summe dieses Effects und des bei 90° erhaltenen.

Ist die Drehung kleiner als 30° oder gröfser als 60°, so ist die bei 0° beobachtete galvanometrische Ablenkung oder die, welche 90° entspricht, zu schwach als dafs man für sie einstehen könnte; man wählt daher zwei andere zweckmäfsigere rechtwinkliche Stellungen.

Wir wollen nun die auf eben angezeigte Weise erhaltenen Resultate aus einander setzen.

Wärme des grünen Theils vom Spectrum. Die 0°—180° Linie des Limbus des Zerlegers ist lothrecht und fällt mit der ursprünglichen Polarisationsebene zusammen.

Röhre voll Terpenthinöl 0m,15 lang.

	Ablenkung.	Drehung.
Spath bei 0°	4,4	58° 54′
» » 90°	12,1	

Röhre voll Terpenthinöl 0m,1 *lang.*

		Ablenkung.	Drehung.
Spath bei	0°	10,4	39° 22′
» »	90°	7,0	

Andere Reihe. Röhre voll Terpenthinöl 0m,1 *lang.*

Spath bei	0°	14,0	40° 12′
» »	90°	10,0	

Andere Reihe. Röhre voll Terpenthinöl 0m,15 *lang.*

Spath bei	0°	4,9	59° 13′.
» »	90°	13,8	

Diese Zahlen genügen dem Gesetz der Längen. Ueberdiefs zeigt die Beobachtung der optischen Drehung, welche mit demselben Licht und denselben Röhren erhalten wird, dafs sie im absoluten Werth dieselbe ist wie die Wärmedrehung.

Wir haben auch die drehende Wirkung einer Terpenthinölsäule von 0m,05 bestimmt, allein wegen der Kleinheit des bei 90°, d. h. bei Senkrechtheit der ursprünglichen Polarisationsebene gegen den Hauptschnitt des Zerlegers, erhaltenen Effects mufsten wir andere rechtwinkliche Lagen wählen.

Röhre von 0m,05.

Spath bei	— 65°	Ablenkung 9°,8	Drehung — 20°.
» »	+ 25	» 9 ,75	

Diese Versuche beweisen, dafs die Polarisationsebene um — 20° abgelenkt war und folglich sind sie wenig von den vorhergehenden verschieden, die, nach dem Gesetze der Längen, eine Drehung um 19° 45′ voraussehen liefsen.

Dieselben Umstände. Röhre von 0m,1.

Spath bei	+ 5°	Ablenkung 8°,25	Drehung — 40°.
» »	— 85°	» 8 ,25	

Die Polarisationsebene ist hier 40° von 0° abgelenkt, folglich ist die Drehung die doppelte von der, welche die vorige Röhre bei derselben Wärme bewirkte.

Das Terpenthinöl ferner als wirksame Flüssigkeit anwendend, wiederholten wir nun diese Versuche mit der

Wärme, welche das rothe Ende des Sonnenspectrums begleitet. Hier die Resultate:

Röhre von $0^m,05$.

Spath bei $+32°$ Ablenkung $6°,1$
» » $-58°$ » $5°,1$
} Drehung $-10° 26'$.

Dieselben Umstände. Röhre von $0^m,1$.

Spath bei $+18°,5$ Ablenkung $11° 5$
» » $-71°,5$ » $7\ ,5$
} Drehung $-20° 25'$.

Dieselben Umstände. Röhre von $0^m,15$.

Spath bei $0°$ Ablenkung $24°,8$
» » $90°$ » $10\ ,1$
} Drehung $+32° 33'$.

Das Gesetz der Längen bewährt sich auch hier und wie beim Lichte sieht man die absolute Gröfse der Drehung abnehmen mit der Brechbarkeit.

Die Abnahme ist dieselbe, so lange man nicht mit rothen, dem dunklen Theil des Spectrums sehr nahe liegenden Strahlen arbeitet. Nahe bei dieser Gränze zeigt sich ein merkbarer, aber leicht erklärlicher Unterschied. Die Drehung scheint bei der Wärme bedeutend geringer als beim Lichte zu seyn; in einigen Versuchen mit einer Terpenthinölsäule von $0^m,05$ wichen die Ablenkungen bei der Wärme und dem Licht um mehr als $2°$ von einander ab.

Man kann auch diese Thatsache auf andere Weise darthun.

Bei einer Terpenthinölsäule von $0^m,15$ mufste man den Zerleger um $+49°$ aus seiner ursprünglichen Lage drehen, um das rothe Bild möglichst auszulöschen. Bei dieser Lage zeigte der thermoskopische Apparat noch eine Ablenkung von 0,6 an. Dagegen mufste der Spath um $57°$ gedreht werden, damit das Galvanometer nicht merklich afficirt werde, allein dann war das Lichtbild wieder sehr sichtbar.

Diese Verschiedenheit läfst sich, wie uns scheint, folgendermafsen erklären.

Das Lichtbündel, mit dem wir arbeiteten, war, da es eine gewisse Breite hatte, in dem uns beschäftigenden Falle gebildet theils aus sichtbarem Roth, theils aus unsichtbaren

dunklen Strahlen. Bei Bestimmung der Drehung der Wärme war der dunkle Theil wegen seiner Intensität vorwaltend, und man fand also den diesem Theile entsprechenden Winkel. Bei der Drehung des Lichts dagegegen bestimmte man den sichtbaren Theil des Bildes, und sie mufste also, nach dem von Hrn. Biot aufgestellten Gesetz, stärker seyn, weil die rothen Strahlen eine gröfsere Brechbarkeit besitzen als die dunklen.

Bei unseren Versuchen befolgten wir bisweilen eine etwas andere als die eben aus einander gesetzte Methode.

Den Zerleger, nach der Einschaltung der wirksamen Flüssigkeit, immer auf Null stellend, machten wir das Licht durch eine zweckmäfsige Drehung des polarisirenden Prismas verschwinden, und beobachteten die galvanometrischen Ablenkungen bei successiver Einstellung des Zerlegers auf $+45^\circ$ und -45°. War die Drehung dieselbe wie für das Licht, so waren die Effecte gleich. Wenn nicht, so hatte man, wenn S ihre Summe und D die kleinste, z. B. die der Lage $+45^\circ$ entsprechende bezeichnet, offenbar:

$$\frac{D}{S} = \cos^2(45^\circ + x) \text{ und } \frac{S-D}{S} = \cos^2(45^\circ - x),$$

wo x der Unterschied ist zwischen der Drehung des Wärmestrahls und dem Winkel, um den man das polarisirende Prisma zur Vernichtung des Lichtbildes gedreht hatte.

Diese Details reichen hin, um begreiflich zu machen, wie wir zu den folgenden Resultaten gelangt sind.

Terpenthinöl.	Drehung.	
lang $0^m,05$	optische des rothen Lichts	$14^\circ,0'$
	des begleitenden Wärmestrahles	$11^\circ,26'$
lang $0^m,1$	optische des äufsersten rothen Strahls	$28^\circ,0'$
	des entsprechenden Wärmestrahls	$23^\circ,30'$.

Wir haben auch die drehende Wirkung des Rohrzuckers untersucht, haben zu dem Ende eine $0^m,05$ lange Röhre mit einer sehr concentrirten Lösung gefüllt.

Für das äufserste Roth war die Drehung der Lichtstrahlen 25°, die der Wärmestrahlen $22^\circ 36'$.

Wir theilten den Syrup sehr genau in zwei gleiche Theile, brachten den einen wieder in die Röhre und vollendeten die Füllung mit destillirtem Wasser. Die Drehung war alsdann:

bei dem Licht 12 ,30′
bei der Wärme 11 ,20′.

Wir wiederholen hier, dafs, wie schon gesagt, beim Zucker wie beim Terpenthinöl, die Wärmedrehung in gleichem Sinne wie die Lichtdrehung geschieht, also nach der Rechten in dem einen Fall und nach der Linken in dem anderen.

Endlich wissen wir aus den Angaben des Hrn. Biot, dafs eine Lösung von 31 Th. Kampher in 69 Th. Terpenthinöl die Lichtstrahlen von verschiedener Brechbarkeit fast um gleiche Gröfsen dreht. Wir füllten mit einer solchen Lösung eine Röhre von $0^m,1$. Die grünen und die rothen polarisirten Strahlen erlitten beim Durchgang eine fast gleiche Drehung von etwa $6\frac{1}{2}$ Grad von der Rechten nach der Linken. Bei den begleitenden Wärmestrahlen war die Drehung dieselbe, wie man aus den folgenden Zahlen sieht.

Wärme, welche das grüne Licht begleitet.

Spath bei $+40^\circ$ Ablenkung 5,1
» » -53° » 4,9
» » $+40^\circ$ » 4,8.

Hieraus folgt, dafs die Ablenkungen bei $+40^\circ$ und -53° gleich sind, und dafs also das Ablenkungs-Maximum bei $-6^\circ\ 30'$ beobachtet werden würde.

Wärme, welche das rothe Licht begleitet.

Spath bei $+40^\circ$ Ablenkung 4,8
» » -53° » 4,7.

Anderer Versuch, mit einem intensiveren Bündel,

Spath bei $+40^\circ$ Ablenkung 9,1
» » -53° » 9,3

Anderer Versuch.

Spath	bei	$+40^{\circ}$	Ablenkung	10,6
»	»	-53°	»	10,8
»	»	$+40^{\circ}$	»	11,4
»	»	-53°	»	11,3.

Die Gesetze des Phänomens sind also dieselben für beide Agentien und die Intensität geht bis ins kleinste Detail. Wenn es sich demnach um das Drehungsvermögen handelt, so ist das, was für einen Strahl des Lichtspectrums wahr ist, auch wahr für den begleitenden Wärmestrahl. Nun sind nach den Untersuchungen des Hrn. Biot die Drehungen fast umgekehrt proportional den Quadraten der Accesse oder Wellenlängen, so dafs, wenn man von zwei verschiedenen Strahlen, welche durch eine und dieselbe Säule einer wirksamen Flüssigkeit gehen, die Drehungen und die Wellenlänge eines von ihnen kennt, man daraus die des anderen finden kann. Durch Anwendung desselben Gesetzes auf die Wärmestrahlen, hoffen wir die Wellenlänge für diesen oder jenen Strahl des dunklen Theils vom Spectrum bestimmen zu können.

Zwar ist nach den Messungen von Broch[1]) das Biot'sche Gesetz nicht ganz richtig, allein es giebt doch eine erste Annäherung. Ueberdiefs hat man, wenn man dasselbe Verfahren auf die Wärme der verschiedenen Quellen anwendet, ein neues Mittel, um zu erkennen, ob die Unterschiede bei der Reflexion dieser Wärme an einem Metallspiegel aus einem entsprechenden Unterschied in den Wellenlängen erfolgen oder nicht.

1) Repertorium der Physik, Bd. VII.

VIII. *Ueber den Versuch in Betreff der vergleichenden Geschwindigkeit des Lichts in Luft und in Wasser; von den HH. H. Fizeau und L. Breguet.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 771.)

Es ist uns gelungen, den Versuch, welcher in der der Akademie am 6. Mai dieses Jahres vorgelegten Note beschrieben wurde, mit grofser Schärfe zu verwirklichen, — einen Versuch, den wir glaubten ausführen zu müssen, ungeachtet Hr. Foucault in eben der Sitzung eine ausgedehnte Arbeit über denselben Gegenstand vorgelesen hat, in welcher er angiebt, schon entscheidende Resultate erhalten zu haben [1]).

Wir haben geglaubt, dafs bei der Lösung einer so capitalen Aufgabe die Beweise nicht genug vervielfältigt werden könnten, und dafs Versuche, unter anderen Umständen und mit anderen Einrichtungen angestellt, beitragen würden, die Kenntnifs einer wichtigen Wahrheit sicherer zu machen.

Wir haben uns bemüht, die Aufgabe so zu lösen, wie sie von Hrn. Arago i. J. 1838 gestellt worden ist, d. h. so, dafs damit auf eine sichere Weise über die beiden Lichttheorien zu entscheiden seyn würde. Um diesen Zweck zu erreichen haben wir solche Einrichtungen getroffen, dafs die aus der einen oder andern Theorie abgeleiteten Erscheinungen scharfe und leicht nachweisbare Unterschiede darbieten mufsten.

Wie in unserer früheren Mittheilung gesagt, geschah die Beobachtung gleichzeitig an zwei Lichtbündeln, von denen der eine die Luft und der andere eine Wassersäule durchdrang.

Für jedes dieser Bündel war der Gang des Lichtes folgender. Ein Fernrohr war so aufgestellt, dafs sich sein

1) Man vergleiche d. Ann. Bd. 81, S. 434 und 442.

Objectiv dicht neben dem rotirenden Spiegel befand; im Brennpunkte des Fernrohrs war ein kleines rechtwinkliges Prisma in solcher Stellung, dafs es die dicht beim Ocular, durch eine Seitenöffnung in der Fassung des Instruments, hinein gelassenen Sonnenstrahlen total gegen das Objectiv reflectirte.

Jenseits des rotirenden Spiegels, in einem Abstand, der für das durch das Wasser gehende Bündel zwei Meter betrug, war ein fester Reflector dazu bestimmt, das Licht durch eine senkrechte Reflexion gegen den drehenden Spiegel zurückzusenden.

Die Brennweite des Fernrohrs war eine solche, dafs das Bild des kleinen, in seinem Brennpunkt befindlichen Prismas sich mit Nettigkeit in dem oben erwähnten festen Reflector abspiegelte. Nachdem es dort reflectirt, kehrte das Licht zu dem rotirenden Spiegel zurück, ward wieder ins Fernrohr gesandt und ging abermals durch den Brennpunkt, hier ein Rückbild erzeugend, das genau das Prisma bedeckte.

Durch die Rotation des Spiegels bewirkte man eine sehr rasche Folge von Bildern, deren Ueberdeckung eine permanente Empfindung hervorrief.

Bei hinreichender Schnelligkeit der Rotation ward das permanente Bild im Sinne der Rotation abgelenkt, und diese Ablenkung erfolgte aus der Winkelbewegung, welche der Spiegel beschrieb, während das Licht den Raum zwischen ihm und dem festen Spiegel zwei Mal durchlief.

Ein zweiter ähnlicher fester Spiegel war neben dem ersten angebracht und gestattete den Versuch gleichzeitig in Luft und in Wasser anzustellen.

Wären die Längen für beide Mittel gleich gewesen, so hätten die zu ihrer Durchlaufung erforderlichen Zeiten, je nach der einen oder anderen Theorie, in dem Verhältnifs 4 zu 3 oder 3 zu 4 stehen müssen, und die durch die Rotation des Spiegels bewirkten Ablenkungen würden in demselben Verhältnifs gestanden haben.

Statt gleicher Längen wandten wir aequivalente Längen

an, d h. solche, die in gleichen Zeiten vom Lichte durchlaufen werden; diese Längen sind sehr verschieden, je nach dem man sie nach der einen oder anderen Theorie berechnet. Setzt man die Länge für Wasser $= 1$, so wird die aequivalente Länge für Luft nach der Emissionstheorie, $= \frac{3}{4}$ und, nach der Undulationstheorie, $= \frac{4}{3}$.

Richtet man den Versuch so ein, dafs man für Luft die Länge $\frac{3}{4}$ und für Wasser die Länge 1 nimmt, so sind nach der Emissionstheorie die Zeiten, welche die beiden Strahlen zur Durchlaufung dieser Räume erfordern, gleich, und folglich werden es auch die Ablenkungen seyn. Bei der anderen Theorie dagegen sind die Zeiten für den Durchgang des Lichts durch Luft und durch Wasser sehr verschieden; sie stehen für Wasser und Luft im Verhältnifs 16 zu 9 und dasselbe Verhältnifs haben auch die Ablenkungen.

Damit der Versuch mit der einen oder anderen Theorie übereinstimme, braucht man also nur nachzuweisen, dafs die Ablenkungen gleich sind oder dafs die eine fast das Doppelte von der anderen ist.

Nimmt man aequivalente Längen, die nach der Undulationstheorie berechnet sind, so sind die Folgerungen ähnlich, aber umgekehrt.

Nach der Emissionstheorie stehen die Ablenkungen bei Wasser und Luft in dem Verhältnifs 16 zu 9; nach der andern Theorie dagegen werden die Ablenkungen gleich seyn.

Wir haben diese beiden Versuche gemacht, und sehr scharfe Resultate erhalten. Die beobachteten Erscheinungen stehen in vollem Einklang mit der Undulationstheorie und in offenbarem Widerspruch mit der Emissionstheorie.

Bei der ersten Einrichtung ist die Ablenkung beim Wasser gröfser als bei der Luft; fast doppelt so grofs. Der Unterschied ist schon merklich bei einer Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels von 400 bis 500 Umgängen in der Sekunde, und ganz entschieden ist er bei einer Geschwindigkeit von 1500 Umgängen.

Bei der zweiten Einrichtung ist die Ablenkung für Luft und Wasser gleich, und wie grofs auch die Geschwindig-

keit des Spiegels seyn möge, findet zwischen beiden Ablenkungen kein Unterschied statt.

Diese Versuche wurden in der Sternwarte gemacht, im Saale des Mittagsrohrs. Die Wassersäule hatte eine Länge von 2 Metern und befand sich in einer Glasröhre, die an den Enden durch Glasplatten verschlossen war. Diese Länge erwiefs sich zweckmäfsiger als die anfangs angewandte von 3 Metern; denn das Licht war weniger geschwächt, hatte vielmehr nach dem doppelten Durchgang noch eine Intensität, die man auf die doppelte von der schätzte, welche es bei einer Länge von 3 Metern besafs. Die Ablenkungen wurden in einem Abstande von 1,5 Metern vom Spiegel beobachtet.

IX. *Die absolute Anzahl der Schwingungen gegebener Töne zu finden; von A. F. Svanberg.*

(*Öfversigt af K. Vetensk. Acad. Förhandl.* 1849. *No.* 4.)

Die nachstehende Methode, mittelst eines Monochordes die absolute Schwingungsanzahl gegebener Töne zu bestimmen, habe ich schon seit vielen Jahren in meinen physikalischen Vorlesungen angewandt, aber nirgends beschrieben gefunden. Ich glaube sie verdient, wegen ihrer Einfachheit, einige Aufmerksamkeit, und wenn sie auch nicht den höchsten Grad von Genauigkeit besitzt, welcher möglicherweise bei dergleichen Bestimmungen erreicht werden kann, so möchte sie doch eben so viel leisten als Cagniard-Latour's akustische Sirene, die bei weitem nicht so leicht angewandt ist.

Bringt man auf dem Monochord zwei Saiten, aufser Einklang gegen einander, so entstehen, bei gleichzeitigem Schwingen derselben, die sogenannten Schläge oder

Schwebungen in der Luft. Hat man einen Chronometer, so kann man die Anzahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit bestimmen, und daraus endlich die Anzahl derselben in einer Sekunde, die mit a bezeichnet seyn mag, herleiten. Aber diese Anzahl ist bei tiefen und einander nahe liegenden Tönen gleich dem Unterschied in der Anzahl von Doppelschwingungen beider Saiten in einer Sekunde. Bezeichnet also x die Doppelvibrationen für die höhere und y für die tiefere Saite, so hat man die Gleichung:

$$x - y = a.$$

Um x und y zu finden braucht man aber noch eine Gleichung zwischen denselben. Diese erhält man dadurch, dafs man durch den beweglichen Steg die tiefere Saite verkürzt bis sie denselben Ton giebt wie die andere d. h. bis, beim gleichzeitigen Anschlagen beider, keine Schwebungen mehr enstehen. Ist das Monochord in 100 Theile getheilt, so erhält man hierdurch die Analogie

$$x : y = 100 : 100 - m$$

woraus

$$100y = (100 - m)x$$

und endlich mit Hülfe der ersteren Formel

$$x = \frac{100 . a}{m}.$$

Bei practischer Anwendung dieser Methode ist es besonders wichtig, dafs die Töne der Saiten beim Versuche vollkommen unveränderlich bleiben. Deshalb darf man den Ton der einen oder anderen Saite nicht unmittelbar zuvor durch Stimmen verändern, sondern mufs zwischen dem Stimmen und dem Anfang des Versuchs einige Zeit verfliefsen lassen.

Die Genauigkeit des Resultats beruht auf der Schärfe, mit der a und m gemessen werden können. Besteht m aus 4 bis 5 Scalentheilen, deren jeder 10 Unterabtheilungen besitzt, so kann m leicht durch fernere Schätzung bis auf $\frac{1}{100}$ seiner absoluten Gröfse bestimmt werden. Aus dieser Feh-

Fehlerquelle kann also keine gröfsere Unsicherheit entstehen als die von 1 Schwingung auf 200.

Schwieriger ist wohl *a* zu bestimmen. Bei einem Monochord lassen sich die Schwebungen wohl 8 bis 9 Sekunden lang zählen und bis etwa 40 an der Zahl. Es ist schwer voraus einzusehen, welchen Grad von Sicherheit man durch mehrfache Wiederholung des Versuchs erlangen könne. Aus eigener Erfahrung zweifle ich jedoch, ob eine gröfsere Sicherheit als 1 auf 50 erlangt werden könne.

Hat man zwei Stimmgabeln, welche fast, aber nicht ganz, denselben Ton geben, so kann die Unsicherheit von *a* sehr vermindert werden. Wenn nämlich die vibrirenden Stimmgabeln auf einen Resonanzboden gestellt werden, so halten ihre Töne sehr lange an, so dafs man eine grofse Anzahl Schwebungen zählen und dadurch *a* recht genau bestimmen kann. Die beiden Saiten des Monochords können nach jeder Stimmgabel gestimmt werden, bis die Schwebungen vollkommen verschwinden. Oft ist es indefs am vortheilhaftesten, einen der Flageolettöne zum Vergleich zu nehmen.

X. *Ueber die Ursache der Farbenringe, die bei gewisser Krankhaftigkeit des Auges um leuchtende Gegenstände gesehen werden; von Hrn. Wallmark.*

(*Öfversigt af K. Vetensk. Acad. Förhandl.* 1849, *No.* 2.)

Viele dürften, selbst bei klarer Luft, Ringe mit Regenbogenfarben, ungefähr wie kleine Mondhöfe, um Lichtflammen wahrgenommen haben; aber meines Wissens hat Keiner eine befriedigende Erklärung von dieser oft bemerkten schönen Erscheinung gegeben.

Cartesius und Newton glaubten das Phänomen von

Runseln herleiten zu dürfen, welche sich auf der Oberfläche des Auges bildeten, wenn dasselbe, nachdem es geschlossen und sanft geklemmt worden, kurz darauf geöffnet wird. Allein dieser Erklärungsgrund wurde von Brougham widerlegt [1]), welcher dafür annahm, das Phänomen entstehe durch Inflexion oder Beugung des Lichts an den feinen undurchsichtigen Fasern, welche die Haut auf der Cornea bilden. Brandes dagegen vermuthet [2]), diese Farben entständen aus feinen undurchsichtigen Verdichtungen, die auf der Haut des Auges befindlich wären, ohne dafs er näher entwickelt, was er hierunter versteht.

Vor einem Jahr entstand auf einem meiner Augen auf der Sclerotica, dicht bei der Cornea, ein kleines Geschwür, und ich beobachtete von der Zeit an eine Menge concentrischer Farbenringe um Lichtflammen, konnte aber, da ich auf Reisen war, keine Messungen über diese Ringe anstellen. Neulich befiel mich wieder dasselbe Uebel, obwohl in geringerem Grade, und da hatte ich abermals Gelegenheit, dieses ausgezeichnet schöne Farbenphänomen zu sehen. Ich gewahrte drei fast vollständige Reihen von Ringen, zusammen etwa 17 recht deutliche Ringe, worunter drei rothe. Der Versuch zur Messung der Ringe geschah nun so, dafs in 200 Millimet. Abstand vom Auge oder der deutlichen Sehweite ein schwarzer Schirm mit einem runden Loch von, am zweckmäfsigsten, 6 bis 7 Millm. Durchmesser aufgestellt ward; dieses Loch wurde erhellt durch die dahinter befindliche Flamme einer gewöhnlichen Lampe. Einfarbiges Licht von hinreichender Stärke konnte leider nicht erhalten werden. Die Durchmesser der Ringe wurden mit einem Zirkel auf dem Schirm gemessen, wozu erforderlich war, die Vorderseite desselben wenigstens schwach zu beleuchten, um die Zirkelspitzen sehen zu können. Da die Zeit, während welcher die Ringe hinreichend scharf erschienen, ziemlich kurz war, so mufste ich mich mit folgenden Messungen begnügen:

1) *Phil. Transact.* 1796 *p.* 259.
2) N. Gehler's phys. Wörterb. Bd. V. S. 438.

	A. Rothe Ringe.			B. Violette Ringe.	
	erster	zweiter	dritter	erster	zweiter
	31mm	62mm	87mm	35mm	64mm
	31	58	92	35	63
	29	60	93	34	65
Mittel	30,3	60,0	90,7.	35	
				34	
			Mittel	34,6	64,0.

Da ich vermuthete, die Erscheinung möchte entspringen aus der Inflexion oder Beugung des Lichts während seines Vorbeigangs neben den Körperchen oder Eiterkügelchen, welche das kleine Geschwür über die Hornhaut ausgegossen hatte, so brachte ich etwas von der auf der Hornhaut befindlichen Flüssigkeit unter das Mikroskop und nahm dabei wirklich eine Menge kleiner, meistens runder, oft aber auch etwas ovaler Kügelchen in der Flüssigkeit schwimmend gewahr. Ich mafs nun mit dem Glasmikrometer eine Menge dieser Kügelchen, sowohl nach ihrem gröfseren als kleineren Durchmesser, und fand als Mittel aus 20 Messungen den Durchmesser

$$d = 0^{mm},0088$$

mit einem wahrscheinlichen mittleren Fehler von $0^{mm},0002$. Diese Kügelchen haben also ungefähr denselben Durchmesser wie die Blutkügelchen. Ich berechnete nun die Wellenlänge für das rothe Licht, nach dem einfachen Gesetz, welches Babinet, nach Young's, Delezenne's und seiner eigenen Erfahrung, für die Beugung des Lichts durch viele Kügelchen aufgestellt hat [1]).

Nennt man

den Durchmesser der Kügelchen . . . . . d
den »Winkeldurchmesser« der Farbenringe d. h.
die Länge des Bogens für den Radius eins . . b
die ganze Wellenlänge für die betrachtete Farbe λ
die Ordnungszahl des Ringes vom Centrum aus m

so wird Babinet's Gesetz ausgedrückt durch die Formel:

$$db = m\lambda,$$

1) Pogg. Ann. Bd. 41, S. 135.

folglich ist

$$b = 2\,\frac{\varphi\pi}{180^\circ} \text{ wenn } 2\,\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{C}{A},$$

wo C den auf dem Schirm gemessenen Ringdurchmesser, und A den Abstand des Auges vom Schirm $= 200$ Millm. bezeichnet.

Nun erhält man

aus dem ersten rothen Ringe	$\lambda =$	$0^{mm},001331$
» » zweiten » »	$=$	$0\ ,001311$
» » dritten » »	$=$	$0\ ,001308$
Mittel	$=$	$0\ ,001317.$

Da die berechnete Wellenlänge immer liegt zwischen

der von Fraunhofer erhaltenen 0,001376

und » » Herschel » 0,001300,

so scheint hieraus meine Vermuthung ihre Richtigkeit zu erhalten.

Wollte man statt dessen die Frauenhofer'sche Formel für Mondhöfe [1]) anwenden, so erhielte man:

erster Ring $C = 31{,}7$ Millim.
zweiter » $C = 58{,}4$
dritter » $C = 85{,}6.$

Allein da sich die grofse Abweichung dieser Werthe von den gefundenen nicht einem Beobachtungsfehler zuschreiben läfst, so scheint der Schlufs gerechtfertigt, dafs die erwähnten Fraunhofer'schen Formeln hier nicht anwendbar sind.

Was die *violetten* Ringe betrifft, so geben dieselben ein auch von Babinet's Formel stärker abweichendes Resultat als was Folge fehlerhafter Messungen seyn kann. Die Wellenlänge für das violette Licht soll nämlich im Mittel nur $0^{mm},000729$ seyn; und wenn auch die Wellenlänge nach Fraunhofer zu $0^{mm},000792$ angenommen wird, so erhält man doch für die Durchmesser der projicirten Ringe beim

ersten Ringe $33^{mm},1$ statt d. gefundenen 34,6
zweiten » 66 ,5 » » » 64,0.

1) H. Gehler, Phys. Wörterbuch, Bd. V, S. 437 und 730.

Obgleich ich keinen Anlafs habe eine so grofse Fehlerhaftigkeit der Beobachtungen für möglich zu halten, so glaube ich doch nicht, dafs die violetten Ringe mit der Schärfe bestimmt werden können wie die rothen; auch vermuthe ich, dafs bei ihnen die Ueberdeckung der Farben einen gröfseren Einflufs habe als bei den rothen Ringen, die daher im Allgemeinen den Vorzug zur Messung verdienen.

Eine vollständigere Untersuchung dieses Gegenstandes, gegründet auf eine strengere Theorie dieser Klasse von Beugungs-Erscheinungen, wäre hier sicher an ihrem Ort gewesen; allein da die Beugungs-Erscheinungen bei runden undurchsichtigen Gegenständen an und für sich noch nicht befriedigend erforscht sind und die Erklärung hier dadurch noch erschwert wird, dafs diese Gegenstände sich auf dem eigenen Auge befinden, so habe ich mich für jetzt auf das Angeführte beschränken müssen, wodurch ich jedoch für unwiderleglich dargethan erachte, *dafs die Farbenringe, welche ich im genannten Falle um Lichtflammen wahrgenommen habe, eine Folge sind der Beugung, die das Licht während seines Vorbeiganges neben den auf der äufseren Hornhaut des Auges befindlichen Kügelchen erleidet.*

XI. *Ueber das Vorkommen des Smaragdochalcits im Herzogthum Nassau; von F. Sandberger.*

Bei meiner Anwesenheit in Diez, im October dieses Jahres, übergab mir Hr. Bergmeister Horstmann ein grünes Mineral zur Untersuchung, welches er als Ueberzug an dem mächtigen, im Spiriferen-Sandstein aufsetzenden Quarzgange zwischen Oberlahnstein und Braubach, Koppenstein genannt, gefunden hatte. Die Substanz bildete einen aufserordent-

lich dünnen Ueberzug auf Hornstein oder Quarz, welcher die Gangmasse ausmacht und hin und wieder Quarzdrusen, sowie Höhlungen zeigt, welche mir auf verschwundenen Schwerspath hinzuweisen schienen. Sie besafs smaragdgrüne ins Lauchgrüne ziehende Farbe und sah ganz wie ein matter Malachit aus. Ich war daher sehr erstaunt, vor dem Löthrohre die Flamme sogleich intensiv blaugrün gefärbt zu sehen, eine Reaction, welche ich nur der Gegenwart von Chlorkupfer zuschreiben konnte. In der That ergab auch eine sehr sorgfältige Untersuchung auf trockenem und nassem Wege, dafs das fragliche Mineral Kupferoxychloridhydrat sey. Andere Substanzen fanden sich an den mitgenommenen Stücken nicht. Durch die Gefälligkeit des Hrn. Bergeleven Häberlein aus Braubach erhielt ich später eine so grofse Menge der Substanz, dafs ich auch über die übrigen Vorkommnisse des Ganges ins Klare kommen konnte. Nach seinen Mittheilungen trifft man den Smaragdochalcit nur in dem obersten Ausgehenden des Ganges auf Frostspalten u. s. w.; in den Quarzdrusen findet sich hin und wieder Malachit und Kupferlasur und in der Gangmasse selbst eingesprengter Kupferkies.

Als ich die Stücke näher untersuchte, fand ich sogleich, dafs eine sehr grofse Menge von Krystallen meist durch Smaragdochalcit gefärbt, zuweilen aber auch rein weifs, die metallische Verbindung begleitet. Dieselben sind höchstens 1‴ lang und mit der Lupe erkennt man den Glanz und die Krystallform des Gypses.

Ein sehr schön ausgebildetes Kryställchen zeigte die Flächen $\infty O.o O.$ $(\infty O \infty)$. Die Härte sowie alle übrigen Eigenschaften der Substanz liefsen nicht zweifeln, dafs es wirklich Gyps sey. Auch der kalte wässerige Auszug bestätigte diese Bestimmung.

Die Gegenwart des Kupfers und der Schwefelsäure erklärt sich sehr leicht aus einer Zersetzung des Kupferkieses, während das Chlor auf unseren Erzgängen, wie überall, zu den gröfsten Seltenheiten gehört und nur in den auf einigen Bleierzgängen gefundenen Pyromorphiten vorkommt.

Der Gedanke liegt sehr nahe und die ganze Art des Vorkommens weist darauf hin, dafs überschüssiges schwefelsaures Kupferoxyd durch Chlorcalcium zersetzt worden sey und so Smaragdochalcit und Gyps sich gebildet haben und vielleicht noch fort bilden. Ueberzüge von beiden, bald nur als mehliger kaum papierdicker Anflug von hell spangrüner Farbe, bald als dickere Aggregate von krystallisirtem Gypse und kugeligem oder traubigem Smaragdochalcit, ziehen sich in die feinsten Haarspalten des Ganges. Wo die Substanz der vollständigen Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt ist, erscheint der Gyps natürlich in Folge seiner Löslichkeit nicht. Woher das Chlorcalcium gekommen, läfst sich nicht nachweisen, da es bis jetzt bei uns nur in Mineralquellen aufgefunden worden ist. Nun sind zwar mehrere dergleichen in der Nähe, wie z. B. der Dinkholder Brunnen, allein nicht so nahe, dafs man ihnen nur den geringsten Einflufs auf die Bildung des Smaragdochalcits zugestehen könnte. Bischof hat in seiner physikalisch-chemischen Geologie nachgewiesen, dafs Chlorverbindungen, namentlich Chlornatrium und auch Chlorcalcium in sehr vielen sogenannten süfsen Wassern enthalten sind [1]) und warum sollte diefs namentlich bei solchen, die aus neptunischen Felsarten kommen, welche ihre Entstehung jedenfalls einem Meere zu verdanken haben, nicht der Fall seyn? Ob es gelingen werde, eine directe Ursache der Art für die Bildung des Minerals aufzufinden, müssen genaue Untersuchungen des Terrains zeigen, deren Resultat später mitgetheilt werden soll. Auf den in der Nähe aufsetzenden Erzgängen, welche bebaut werden, hat sich bis jetzt keine Spur unseres Minerals gefunden. Da das von Freiesleben angeführte Vorkommnifs von Schwarzenburg in Sachsen längst ausgegangen ist, so ist Braubach jetzt der einzige Fundort des Smaragdochalcits in Deutschland.

Wiesbaden, den 1. November 1850.

1) Bd. I., S. 550.

XII. *Ueber Reduction durch Kohlenoxyd und einige damit zusammenhängende besondere Erscheinungen, namentlich beim Eisen;*

von Dr. K. Stammer.

Die Reduction der Oxyde durch Kohlenoxyd ist zwar allgemein angenommen, allein in den einzelnen Fällen, so wie bei anderen chemischen Verbindungen, noch keineswegs durch eine einigermafsen vollständige Reihe von Versuchen festgestellt. Denn die, welche Despretz[1]), Goebel[2]), Leplay und Laurent[3]) über diesen Gegenstand bekannt gemacht haben, sind theils unzuverläfsig, theils nur auf wenige Körper ausgedehnt, so dafs noch zu viele Lücken bleiben, als dafs man auf die nicht untersuchten Substanzen schliefsen könnte.

Ich habe deshalb eine Reihe von Versuchen angestellt, in der Absicht, diese für die Technik so wichtige Wirkung dadurch etwas bestimmter in den einzelnen Fällen festzustellen. Im Folgenden werde ich die Ergebnisse derselben kurz zusammenfassen. Die Art der Untersuchung war folgende:

Aus einem Gasometer, welcher auf gewöhnlichem Wege (aus saurem oxalsaurem Kali und Schwefelsäure) bereitetes und möglichst durch Kalkmilch gereinigtes Kohlenoxyd enthielt, wurde ein durch einen Hahn leicht zu regulirender Strom dieses Gases erst durch einen Liebig'schen Kugelapparat mit Kalilösung, dann durch Schwefelsäure, endlich über trockenes kaustisches Kali in eine gläserne Kugelröhre geleitet, welche die zu untersuchende Substanz enthielt und über einer Berzelius'schen Lampe erhitzt wurde. Aus der Ab- oder Zunahme des Gewichts der Kugelröhre, aus den an ihrem Ende entweichenden Gasen war es leicht,

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 43; 222.
2) Journ. pract. Chem. 6; 386.
3) *Ann. de Chim. et de Phys.* 65; 404

die Wirkung des Kohlenoxydes und den Gang der Operation zu erkennen, und endlich gab die Untersuchung des in der Kugel enthaltenen Rückstandes Gewifsheit über die hieraus gezogenen Schlüsse.

Kleine Abänderungen (z. B. bei der Salpetersäure) dieser Einrichtung ergaben sich in einigen Fällen von selbst.

Es ist kaum nöthig anzuführen, dafs bei quantitativen Bestimmungen das Glühen im Kohlenoxydstrome öfters mehrere Tage nach einander fortgesetzt werden mufste.

Die erhaltenen Resultate gelten natürlich nur für die Temperatur, welche mit einer Berzelius'schen Lampe erreicht werden kann; höhere Hitzgrade anzuwenden hielt ich nicht für vortheilhaft, weil ich dann alle Vorzüge, welche eine Glaskugel hat, hätte aufgeben müssen, und überdiefs die untersuchten Substanzen die Masse der etwa angewendeten Röhre bei stärkerer Hitze angegriffen haben würden.

Ohne nun weiter auf den Gang der Untersuchung in den einzelnen Fällen einzugehen, will ich in kurzer Uebersicht die erhaltenen Resultate aufführen; nur beim Eisen sey es mir verstattet, etwas ausführlicher zu seyn, indem diefs wohl durch die Neuheit und Wichtigkeit der beobachteten Erscheinungen begründet seyn wird.

I. Säuren und Oxyde.

1. *Salpetersäure* wird nicht reducirt. Der Versuch geschah durch Hindurchleiten von Kohlenoxyd durch kalte und durch kochende Salpetersäure von 1,2 spec. Gew.

Ueber Schwefelsäure s. u. Nr. 16.

2. *Kupferoxyd* wird sehr leicht bei ziemlich niederer Temperatur zu Metall reducirt.

3. *Zinnoxyd* (SnO_2) wird erst zu Zinnoxydul, dann zu Metall reducirt; eine Darstellung von Zinnoxydul auf diesem Wege ist jedoch nicht möglich, da die Gränze nicht bestimmt festgehalten werden kann.

4. *Bleioxyd* wird so leicht wie Kupferoxyd zu Metall reducirt.

5. *Zinkoxyd.* Diefs wird nicht reducirt. Hiernach ist

die Angabe von Dulong und Despretz zu berichtigen; sie sind vermuthlich durch einen Bleigehalt des Zinks irre geführt worden, wodurch auch ich einen Anfang von Reduction zu erhalten glaubte; diese schritt jedoch nicht weiter fort, und das Oxyd erwies sich unstreitig als bleihaltig.

6. *Eisenoxyd.* Das Verhalten des Eisenoxydes ist höchst merkwürdig: es wird zwar zu metallischem Eisen reducirt, zugleich aber bildet sich *Eisencarburet*, indem das metallische Eisen aus dem Kohlenoxyd Kohle abscheidet und dadurch Kohlensäure gebildet wird. Ich habe diese Erscheinungen nicht allein dadurch erkannt, dafs eine Verminderung des Gewichtes bis zu dem des reinen Eisens nicht erreicht werden konnte, sondern auch durch den Geruch nach Kohlenwasserstoff und den Rückstand von Kohle, die ich beim Auflösen in Salzsäure deutlich wahrnahm. Ich stellte hierauf den genaueren Versuch in folgender Weise an, um den Gang dieser Erscheinung näher zu beleuchten und die Menge der aufgenommenen Kohle genauer zu bestimmen.

1,0212 Grm. *reinen* Eisenoxyds, entsprechend 0,7069 Grm. Eisen, wurden durch Wasserstoffgas reducirt, dann etwa 8 Tage lang in einem Strom von Kohlenoxyd heftig geglüht und von Zeit zu Zeit gewogen. Nach einiger Zeit war nicht allein eine bedeutende Gewichtszunahme, sondern auch eine beträchtliche Vermehrung des Volumens zu bemerken, so dafs endlich fast die ganze Kugel mit einer feinpulvrigen sammtschwarzen Masse angefüllt war; die Gewichtszunahme betrug nunmehr 6,4965 Grm., d. h. 100 Th. Eisen hatten 70,23 Th. Kohle aufgenommen, was einem Gehalt von 41,2 Proc. Kohle entspricht.

Beim Zerschneiden der Kugel ergab sich, dafs der Inhalt aus zwei Substanzen bestand: die eine, zusammengesintert und eisengrau, bedeckte die Wandungen der Kugel, die andere, pulverförmig und sammtschwarz, erfüllte deren Inneres. Ich nahm die erstere, um den Eisengehalt, die andere, um den Kohlengehalt zu bestimmen. Zu letztgenanntem Zwecke löste ich die Substanz in Eisenchlorid auf, fil-

trirte durch Asbest und wog die so erhaltene Kohle; da sie noch Spuren von Eisen enthielt, so wurde sie wiederholt mit Salpetersäure erhitzt und geglüht und das aus dem so erhaltenen Eisenoxyd berechnete Eisen von ihrem Gewicht abgezogen.

So fand ich die erstere bestehend aus:

95,95 Eisen
4,05 Kohle
100,00.

die andere aus:

22,50 Eisen
77,50 Kohle
100,00.

Eine Formel habe ich für diese Substanzen nicht auffinden können; in der Annahme, dafs die letztere eine chemische Verbindung wäre, was ich jedoch noch dahingestellt seyn lassen mufs, würde die Formel FeC_{15} eine annähernde Vorstellung ihrer Zusammensetzung liefern, da diese Unterstellung 76,8 Proc. Kohle giebt.

Ich habe diese Erscheinung noch nicht weiter verfolgen können; sie scheint mir jedoch nicht unwichtig für die Technik, namentlich für die Erklärung des Hochofenprocefses.

Es schliefst sich daran ein Versuch, den ich in Folge dieses Verhaltens anstellte, nämlich über die Einwirkung des Eisens auf Kohlensäure: durch Wasserstoff aus Eisenoxyd reducirtes Eisen nahm auch aus diesem Gase Kohle auf, was ich aus der bedeutenden Gewichtsvermehrung und dem nachherigen Verhalten gegen Salzsäure erkannte.

7. *Manganoxydoxydul* wird leicht zu Oxydul reducirt.

II. Sulfüre.

8. 9. 10. Die *Sulfüre* des *Kupfers*, *Eisens* und *Bleis* erleiden keine Veränderung, woraus wohl dasselbe für die übrigen geschlossen werden darf. Diefs wird durch das Verhalten einiger schwefelsauren Salze bestätigt. (s. u.)

III. Chlormetalle.

11. *Chlorsilber* wird *nicht* angegriffen; die Angabe Göbels[1]), dafs auf diesem Wege Phosgengas gebildet werde, ist falsch. Ich habe den Versuch zu wiederholten Malen angestellt, aber nie die geringste Spur von Reduction erhalten können und ebenso wenig irgend einen Geruch oder eine Veränderung des Kohlenoxydes bemerkt.

12. 13. 14. Ebenso wenig werden *Chlorblei*, *Chlorkupfer* und *Chlorammonium* verändert.

IV. Salze.

15. *Schwefelsaures Kali* wird zu einfach Schwefelkalium reducirt.

16. *Saures schwefelsaures Kali;* die entweichende Schwefelsäure wird gänzlich zu schwefliger Säure reducirt, indem nur diese und Kohlensäure, ohne Spur von Schwefelsäure entweichen.

17. *Schwefelsaures Natron* wird nicht reducirt; vermuthlich fängt die Reduction desselben erst bei einer Temperatur an, die etwas höher, als die Berzelius'sche Lampe liegt.

18. *Schwefelsaures Ammoniumoxyd* wird zu schwefligsaurem reducirt.

19. *Schwefelsaure Magnesia* erleidet keine Veränderung.

20. 21. *Schwefelsaurer Kalk* und *schwefelsaurer Baryt* geben die Schwefelmetalle.

22. *Gebrannter Alaun* zeigt keine anderen Erscheinungen, als seine einzelnen Bestandtheile.

23. *Schwefelsaures Silber* wird zu metallischem Silber reducirt.

24. *Schwefelsaures Kupfer* giebt metallisches Kupfer.

25. *Schwefelsaures Blei* giebt Blei und Schwefelblei in unbestimmtem Verhältnifs.

26. *Schwefelsaures Zinkoxyd* wird zu Oxyd reducirt.

27. *Schwefelsaures Eisenoxydul* giebt Eisen und Eisenhalbsulfuret (Fe_2S).

28. *Schwefelsaures Manganoxydul* giebt das Oxysulfuret ($MnO + MnS$).

1) A. a. O.

29. *Selensaurer Baryt* giebt Selen und kohlensauren Baryt.

30. *Salpetersaures Kali* giebt kohlensaures Kali, welches Kali enthält.

31. *Salpetersaurer Baryt* wird in derselben Weise verändert.

32. 33. 34. *Phosphorsaures Eisenoxyd, Bleioxyd* und *Kupferoxyd* werden nicht verändert.

35. *Arseniksaures Natron* giebt metallisches Arsen, und das Natron vereinigt sich mit dem Glase der Kugel.

36. *Antimonsaures Natron* zeigt die entsprechende Erscheinung.

37. *Kohlensaures Kali* wird nicht verändert.

38. *Oxalsaures Kali* giebt das kohlensaure Salz, während viel Kohle abgeschieden wird und Kohlensäure weggeht.

Es erklärt sich hieraus, warum dieses Salz beim Glühen für sich nicht rein weifs, sondern grau oder schwarz wird; ein Theil des freiwerdenden Kohlenoxyds wirkt nämlich auf einen noch unzersetzten Theil des Salzes und bewirkt darin eine Abscheidung von Kohle.

39. *Chromsaures Kali* giebt kohlensaures Kali und eine Verbindung von Chromoxyd und Kali; es entstehen aus $2(KO, CrO_3)$ durch Aufnahme von 1 At. Sauerstoff und 2 At. C (unter Entstehung von CO_2) erst $2(KO, CO_2) + Cr_2O_3$, dann aber treibt ein Theil dieses Chromoxyds einen Theil der Kohlensäure aus und es entsteht die genannte Verbindung.

40. *Chromsaures Bleioxyd* giebt Blei und Chromoxyd.

XIII. *Ueber eine neue Eigenschaft des Kohlenoxydgases; von Hrn. F. Leblanc.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 483.)

Beim Versuche, den Sauerstoff in einem Beleuchtungsgase durch Kupferchlorür-Ammoniak zu bestimmen, haben wir, die Hrn. Stas, Doyère und ich, eine bisher noch nicht angeführte Thatsache aufgefunden, nämlich, dafs dieses Reagenz eine grofse Menge von Kohlenoxyd und selbst vom ölbildenden Gase auflöst. Ich habe darauf diese Eigenschaft näher untersucht.

Leitet man einen Strom von Kohlenoxydgas in eine Lösung von Kupferchlorür in Chlorwasserstoffsäure, so wird das Gas in bedeutender Menge absorbirt und zwar mit einer Schnelligkeit, welche der Absorption der Kohlensäure durch Kali vergleichbar ist; allein die Temperatur erhöht sich verhältnifsmäfsig nur wenig.

Das ammoniakalische Kupferchlorür verhält sich, bei abgehaltenem Zutritt der Luft, ebenso, und absorbirt, bei einer gleichen Menge von gelöstem Kupfer, ebenso viel Gas. Die Lösung bläut sich an der Luft und kann noch zur Absorption von Sauerstoff angewandt werden.

Das mit Kohlenoxyd gesättigte saure Kupferchlorür läfst sich selbst mit einer grofsen Menge Wasser verdünnen, ohne dafs Gas entweicht und ohne dafs Kupferchlorür niederfällt, wie vor der Absorption. Zusatz von Alkohol bewirkt keine Trübung, aber Aether scheint eine wenigstens theilweise Zersetzung zu bewirken. Bisher ist es mir nicht gelungen, die muthmafslich aus dieser Reaction hervorgehende Verbindung in starrer Gestalt zu erhalten.

Siedhitze und vollständiges Vacuum treiben das Gas aus; doch verzweifle ich noch nicht, die Verbindung isoliren zu können.

Die Absorption des Kohlenoxydgases durch Kupferchlorür scheint der des Stickstoffoxyds durch Eisenoxydulsalze

analog zu seyn, in sofern beide in festen Verhältnissen zu geschehen scheinen. Ich bediente mich zu dem Ende einer Kupferlösung von bekanntem Gehalt und bestimmte, sowohl dem Volume als dem Gewichte nach, das von einer bekannten Menge Kupfer figirte Kohlenoxydgas. Die Zahlen näherten sich gleichen Aequivalenten von Kupfer und Kohlenoxyd.

Eisenoxydul- und Zinnoxydul-Salze wirken nicht auf Kohlenoxydgas. Dagegen absorbiren Kupferoxydulsalze, in Ammoniak gelöst, z. B. das schwefligsaure, das Kohlenoxydgas wie das Kupferchlorür. Der sinnreiche Apparat des Hrn. Doyère leistet zu dieser Art von Untersuchungen wahrhafte Dienste.

Diese Thatsachen geben, wie mir scheint, der chemischen Geschichte des Kohlenoxyds ein neues Interesse. Aufser einem neuen Reagenz für das Kohlenoxydgas, finden wir hier ein neues Argument zu Gunsten der vor einigen Jahren von Hrn. Dumas ausgesprochenen Hypothese über die Constitution und die Eigenschaften der Chloroxycarbonsäure und die muthmafsliche Rolle des Kohlenoxyds im Oxamid. Ihr gemäfs würde das Kohlenoxyd als ein zusammengesetztes Radical functioniren, vergleichbar in gewisser Beziehung dem Cyan.

Die Absorption des Kohlenoxyds durch Kalium zur Bildung einer Verbindung, welche die Elemente des verdichteten Kohlenoxyds enthält, unterstützt auch diese Ansicht und stellt eine fernere Analogie zwischen Kohlenoxyd und Cyan her. Ueberdiefs habe ich gefunden, dafs das Cyan vom Kupferchlorür absorbirt wird, unter Bildung eines chromgelben Niederschlags, der seine Farbe rasch an der Luft verändert. Seinerseits beschäftigt sich Hr. Doyère mit diesen Eigenschaften, in Absicht ihrer Anwendung auf die Analyse von Gasgemengen. Er hat gefunden, dafs diese Anwendung einer grofsen Genauigkeit fähig ist.

XIV. *Neue Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Krystallform, der chemischen Zusammensetzung und dem Phänomen der drehenden Polarisation; von Hrn. L. Pasteur.*

(*Compt. rend. T. XXXI. p.* 480.)

Jedermann kennt das einfache und merkwürdige Gesetz der Krystallographie, welches man dem berühmten Mineralogen Haüy verdankt, und welches will, dafs an einem Krystall die identischen Theile sämmmtlich zugleich und in gleicher Weise modificirt werden. Es ist das Gesetz der Symmetrie. Zuweilen aber und schon Haüy kannte die Hauptbeispiele, wird diefs Gesetz nicht beachtet. Ich will alle die Fälle, wo es nicht befolgt wird, mit dem Ausdruck *Hemiëdrie* zusammenfassen.

1. Aus Gründen, die ich in einer früheren Abhandlung angegeben [1]), ist es nothwendig die hemiëdrischen Formen in zwei Klassen zu fällen. In gewissen Fällen kann man sich zu einem hemiëdrischen Krystall einen anderen Krystall denken, der mit dem ersteren in allen Theilen identisch, aber doch nicht überdeckbar ist, gleich wie es zu der rechten Hand eine identische, jedoch nicht überdeckbare, linke giebt. Diese Art von Hemiëdrie, welche man *unüberdeckbare Hemiëdrie* nennen könnte, ist aber nicht die einzige. Das Tetraëder, das Rhomboëder sind hemiëdrische Formen, aber alle regelmäfsigen Tetraëder sind überdeckbar und alle Rhomboëder von gleichem Winkel sind es ebenfalls.

2. In meinen ersten Arbeiten, welche die Akademie mit so vielem Wohlwollen aufgenommen hat, habe ich gezeigt, dafs zwischen der unüberdeckbaren Hemiëdrie und der drehenden Molecular-Polarisation eine innige Beziehung vorhanden ist.

3. Hiedurch stellt sich natürlich die Frage: *Haben alle*

1) Ann. Bd. 80, S. 127.

alle die, gegenwärtig sehr zahlreichen, *Substanzen, welche, als Lösungen, die Polarisationsebene ablenken, hemiëdrische Krystallformen?* und umgekehrt: *Deutet die Hemiëdrie immer auf das Vorhandenseyn der drehenden Eigenschaft?* Ich spreche hier von der unüberdeckbaren Hemiëdrie, denn was die *überdeckbare* betrifft, so sind bei ihr diese Fragen zum Theil schon gelöst. Es ist zur Beantwortung dieser wichtigen und von einander sehr verschiedenen Fragen, dafs ich hier einige neue Beobachtungen beibringe.

Die von mir gesammelten Thatsachen betreffen das Asparagin, die Aspartsäure, die Verbindung der Glucose mit dem Kochsalz und den ameisensauren Strontian.

4. Bei aufmerksamer Untersuchung der Krystallform des Asparagins habe ich in unzweifelhafter Weise gefunden, dafs alle Krystalle dieser Substanz hemiëdrisch sind. Und diese Hemiëdrie ist unüberdeckbar. Es war also wahrscheinlich, dafs diese Substanz die drehende Molecular-Eigenschaft besitze, und diefs hat auch die Erfahrung bestätigt. Wenn das Asparagin in Wasser oder Alkalien gelöst ist, wirkt sein Drehvermögen nach der Linken, dagegen wirkt es nach der Rechten, und verhältnifsmäfsig viel bedeutender, wenn die Substanz in Mineralsäuren gelöst ist.

5. Die Beziehungen des Asparagins zur Aspartsäure machten auch für letztere ein Drehvermögen wahrscheinlich. Und wirklich lenkt die Aspartsäure die Polarisationsebene der Lichtstrahlen ab und das Drehvermögen derselben hat grofse Aehnlichkeit mit der des Asparagins.

6. Da endlich die neueren Untersuchungen der Chemiker zu der Annahme führen, dafs das Asparagin das Amid der Apfelsäure sey, so bin ich dadurch veranlafst worden, die Apfelsäure und ihre Salze auf etwaiges Drehungsvermögen zu untersuchen. Und auch hier hat die Erfahrung meiner Erwartung entsprochen. Die Apfelsäure und ihre Salze lenken die Polarisationsebene der Lichtstrahlen ab, und bei mehren apfelsauren Salzen fand ich

eine unüberdeckbare Hemiëdrie. Allein es giebt bei der Apfelsäure eine Thatsache, bei der ich vor allem verweilen will. Diese Säure bietet nämlich in ihrem Drehvermögen Eigenthümlichkeiten dar, die grofse Aehnlichkeit mit der *rechts*- und *links*-drehenden Weinsäure haben, und diese Analogien führen natürlich zu dem Glauben, dafs zwischen der Apfelsäure und eine der beiden Weinsäuren eine innige Beziehung von dissymmetrischer Molecular-Anordnung stattfindet. Sehr wahrscheinlich existirt zwischen der Apfelsäure und einer der beiden Weinsäuren, der *rechten* oder *linken*, eine gemeinsame Moleculargruppirung, mit der Abänderung, welche die Verschiedenheit der Zusammensetzung dieser Säuren etwa darin herbeiführt.

Diese durch die physischen Eigenschaften angegebene Idee von dem Daseyn einer gemeinsamen Moleculargruppirung zwischen der Apfelsäure und einer der beiden Weinsäuren wird von den Erscheinungen, die uns der Organismus darbietet, durchaus nicht bestritten. In allen Planzen, wo man Apfelsäure antrifft, findet sich auch Weinsäure, und umgekehrt. Vielleicht kann man sich der einen Säure zur Darstellung der anderen bedienen. Es läfst sich sogar vermuthen, dafs die gemeinsame Moleculargruppirung, von der die Rede war, sich bei der Apfelsäure und der gewöhnlichen *rechts*-drehenden Weinsäure vorfindet, denn diese rechte Weinsäure ist es, welche man in sauren Früchten mit der Apfelsäure vergesellschaftet antrifft. Die Beziehungen, welche zwischen den Eigenschaften der beiden Weinsäuren, der *rechten* und der *linken*, vorhanden sind, geben diesen Inductionen eine ganz besondere Wichtigkeit. Denn wenn zwischen der Weinsäure und der *rechten* Apfelsäure der Vogelbeeren eine gemeinsame dissymmetrische Moleculargruppirung vorhanden ist, so läfst sich der Analogie nach vermuthen, dafs auch eine solche gemeinsame Gruppirung existire zwischen der *linken* Weinsäure und einer noch unbekannten Apfelsäure, welche sich zu der jetzigen Apfelsäure der Chemiker verhalten würde, wie die *linke* Weinsäure zu der *rechten*. Mit anderen Worten:

man hätte zwei Apfelsäuren, eine *rechte* und eine *linke*, wie man zwei Weinsäuren hat.

7. Ich gebe dann in meiner Abhandlung ein detaillirtes Studium der Krystallform und des Drehvermögens der Verbindung von Glucose mit Kochsalz. Ich bedaure hier nicht in die sonderbaren Eigenthümlichkeiten der Krystallform dieser Verbindung eintreten zu können. Ich will blofs sagen, dafs sie eine unüberdeckbare Hemiëdrie besitzt, die zum System des geraden rhomboïdalen Prisma gehört, und dafs alle ihre Krystalle, obwohl vollkommen klar und einfach im Ansehen, immer aus Zusammenwachsungen mehrerer Krystalle bestehen, wovon uns der Arragonit, das schwefelsaure Kali u. s. w. Beispiele darbieten.

8. Ich schliefse mit der Untersuchung der Krystallform des ameisensauren Strontians. Untersucht man die Krystalle desselben mit Sorgfalt, so erkennt man darin immer zweierlei Arten, die einen sind rechts-, die anderen links-hemiëdrisch, identisch aber nicht überdeckbar. Sondert man indefs die rechten Krystalle von den linken ab, und löst jede für sich, so findet man, dafs die beiden Lösungen nicht auf das polarisirte Licht wirken. Diefs führt zu der Vermuthung, dafs die Hemiëdrie des ameisensauren Strontians nicht von einer Anordnung der Atome im chemischen Molecul herrührt, sondern von einer Anordnung der physischen Molecule im gesammten Krystall, solchergestalt, dafs wenn die krystallinische Structur einmal in dem Act der Lösung verschwunden ist, keine Dissymmetrie mehr existirt, gleichsam wie wenn man ein Gebäude aufführte, das äufserlich die Gestalt eines nicht überdeckbar hemiëdrischen Polyëders hätte, und dafs man darauf zerstörte. Es würde nach der Zerstörung des Ganzen nichts von der ursprünglichen Dissymmetrie übrig bleiben. Auch liefert, wenn man die rechten oder linken Krystalle des ameisensauren Strontians abermals krystallisiren läfst, jede Art die beiden Arten von Krystallen.

Wir sehen hier also eine Hemiëdrie, und selbst eine nicht-überdeckbare, bei Krystallen existiren, ohne dafs sie

von der drehenden Molecular-Eigenschaft begleitet wird, wovon uns der Quarz schon ein Beispiel liefert. Wäre die Analogie mit dem Quarz vollständig, so würde der ameisensaure Strontian das Drehvermögen im krystallinischen Zustand besitzen, und er würde es bald nach der Rechten, bald nach der Linken ausüben, wie es die beiden plagiëdrischen Varietäten des Quarzes thun, wenn nicht etwa das Daseyn der beiden optischen Axen in dem Formiat ein Hindernifs dafür ist.

Schon habe ich eine Substanz bezeichnet, welche die nicht-überdeckbare Hemiëdrie besitzt, ohne vom moleculären Drehvermögen begleitet zu seyn; es ist die schwefelsaure Bittererde. Allein ich mufs sogleich hinzufügen, dafs der ameisensaure Strontian und die schwefelsaure Bittererde Eigenthümlichkeiten darbieten, die auf die Abwesenheit aller drehenden Eigenschaft in diesen Substanzen schliefsen lassen, obgleich sie mit nicht-überdeckbarer Hemiëdrie begabt sind.

In der That zeigt der Anblick der Krystallform des ameisensauren Strontians, dafs es, wenn einer der Winkel nur um 1° 17′ anders wäre als er ist, unmöglich seyn würde die rechten Krystalle von den linken zu unterscheiden, und die Hemiëdrie des ameisensauren Strontians würde eine überdeckbare. Nun aber habe ich in allen Fällen, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, niemals das Drehvermögen mit der überdeckbaren Hemiëdrie vereint gefunden, und ich habe selbst starke Gründe zu glauben, dafs diefs nicht möglich sey.

Es ist sehr sonderbar, dafs die schwefelsaure Bittererde und ihre Isomorphen eine ganz analoge Eigenthümlichkeit darbieten. In der That ist die Form dieser Sulfate ein gerades Prisma mit rhombischer Basis, mit Abstumpfungen an den parallelen Kanten jeder Basis, die zu einem unregelmäfsigen Tetraëder führen. Das ist nicht-überdeckbare Hemiëdrie. Allein der Winkel des Prismas dieser Sulfate beträgt 90 bis 91°, und das rhomboïdale gerade Prisma kommt also einem Prisma mit quadratischer Basis

sehr nahe. Daraus folgt, dafs die Hemiëdrie, obwohl strenge genommen nicht-überdeckbar, nur um einige Minuten entfernt ist von der überdeckbaren Hemiëdrie, welche bisher noch nicht vom Drehvermögen begleitet angetroffen ist.

XV. *Ueber die Reflexion an Flüssigkeiten; von Hrn. Jamin.*

(*Compt. rend. T. XXXI. p.* 696.)

Ich hatte die Ehre dem Urtheile der Akademie eine erste Abhandlung über die Reflexion des Lichts an durchsichtigen starren Körpern zu unterwerfen. Sie bewiefs, dafs diese Körper das Licht vollständig und elliptisch polarisiren; aber diefs Resultat war einer anderen Auslegung fähig, welche die Wichtigkeit desselben bedeutend verringert haben würde.

In der That leuchtet ein, dafs die mechanischen Actionen, welche auf feste Körper, beim Poliren, ausgeübt werden, dieselben in einen sehr eigenthümlichen Zustand versetzen und deren Elasticität, von der mathematischen Oberfläche an bis zu einer gewissen Tiefe, verändern müssen. Man konnte sie demnach ansehen als begränzt durch eine Uebereinanderlage paralleler dünner Schichten von verschiedenem Brechungsvermögen und man mufste fürchten, dafs die Lichtreflexion nicht allein an der blofsen Trennungsfläche, sondern auch an dem Uebergang von der einen zur andern dieser dünnen Schichten vor sich gehe. Nun aber würde eine solche Wirkung nothwendig auf das Daseyn einer unvollständigen Polarisation und einer Interferenz zwischen den reflectirten Elementar-Strahlen haben schliefsen lassen; und wenn dieser Einwurf gegründet wäre, würden die von mir aufgestellten Gesetze, obgleich sie die

Phänomene ausdrücken, einem durch die Politur bedingten gezwungenen Gleichgewicht zugeschrieben werden müssen, und sich nicht in dem Fall bestätigen, wo die Elasticität der Substanzen durch den bloſsen Einfluſs der Molecularkräfte geregelt wäre. So würden diese Erscheinungen, so sonderbar sie auch erscheinen könnten, doch als Abweichungen, hervorgegangen aus nicht vermiedenen Fehlerquellen, betrachtet werden können.

Freilich würde dieser Einwurf verringert, wenn nicht vernichtet werden bei Erwägung, daſs ich mit einigen starren Substanzen, die ohne Druck durch Reiben gegen eine feuchte Glasplatte polirt waren, oder auch mit den natürlichen Flächen und den Spaltungsflächen von Krystallen gearbeitet, und immer dieselben Wirkungen beobachtet hatte, und überdieſs hatte ich gezeigt, daſs der dreifache Umstand einer positiven, geradlinigen oder negativen Reflexion in Beziehung zum mehr oder weniger groſsen Werth des Brechungsvermögens zu stehen, und keine zur Natur der Politur zu haben schien. Allein um alle etwa noch vorhandenen Zweifel zu heben, glaubte ich, als entscheidendes Argument, eine neue Untersuchung, die der Reflexion an Flüssigkeiten, beginnen zu müssen; man wird hier dieselben Wirkungen auftreten sehen, ohne daſs man sie einer anomalen Molecular-Constitution zuschreiben kann.

Wenn man ein winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirtes Lichtbündel, beim Polarisationswinkel, von einer Flüssigkeit reflectiren läſst, so erlöscht er niemals vollständig, sondern erreicht einen gewissen Minimum-Werth (K^2), der immer in Beziehung steht zur Intensität des einfallenden Bündels. Es giebt hier also keinen Winkel vollständiger Polarisation, sondern einen Winkel eines Polarisations-Maximums.

Auſser dieser ersten Abänderung der Reflexionsgesetze giebt es noch eine andere, wichtigere, die nämlich, daſs sich die Vibrationsart des Strahls gänzlich ändert. Sie besteht in einer Anomalie oder Differenz der Phase zwischen den beiden Haupt-Componenten der reflectirten Bewegung;

sie nimmt für senkrechte, hauptsächliche und streifende Incidenz die Werthe $\frac{1}{2}\lambda$, $\frac{3}{4}\lambda$ und λ an.

Diese Veränderung der Anomalie geschieht in stetiger, aber nicht in gleichförmiger Weise. Wenn die Incidenz von 0° oder 90° aus zu- oder abnimmt, behält die Anomalie beinahe ihren ursprünglichen Werth bis zu zwei Gränz-Incidenzen, einer über und einer unter der Haupt-Incidenz, und darauf erleidet sie eine Veränderung, deren Schnelligkeit zunimmt bis zu dieser Haupt-Incidenz. Daraus folgt, dafs wenn der einfallende Strahl nach irgend einem Azimute polarisirt war, er nach der Reflexion elliptisch oder geradlinig polarisirt ist, je nach dem die Incidenzen zwischen jenen Gränzen liegen oder nicht.

Zwischen diesen beiden Ordnungen verschiedenartiger Erscheinungen, giebt es aber eine leicht nachweisbare experimentelle Beziehung. Die Incidenzen, bei welchen die elliptische Polarisation anfängt oder aufhört, entfernen oder nähern sich, je nachdem K zu- oder abnimmt, und sie fallen zusammen, wenn dieses Null wird. Alsdann geht die Anomalie plötzlich von $\frac{1}{2}\lambda$ in λ über. Es findet keine elliptische Vibration mehr statt und man kommt auf den Fall der Fresnel'schen Formeln zurück.

Bei Untersuchung einer grofsen Zahl von Substanzen erkannte ich, dafs sie zwei besondere Fälle darbieten; sie stimmen darin überein, dafs sie eine numerisch dieselben Werthe durchlaufende Anomalie nachweisen, aber sie weichen durch das Zeichen der Anomalie ab, welches positiv oder negativ seyn kann, je nach dem die in der Einfallsebene polarisirte Vibration gegen die normale Vibration voraus oder zurück ist.

Bis jetzt ist es unmöglich eine Beziehung zwischen dem Werthe des Coëfficienten K und dem Refractionsindex nachzuweisen; vielmehr läfst alles glauben, dafs beide Constanten unabhängig von einander seyen. Allein in Ermanglung genauer Gesetze kann man im Allgemeinen sagen, dafs wenn man die Flüssigkeiten nach abnehmenden Brechungsindex ordnet, sie anfangs eine positive Anomalie haben, zwischen

Gränzen, die einander bis zum Zusammenfallen nahe kommen, und dann eine negative Anomalie, die zwischen mehr und mehr entfernten Incidenzgränzen beobachtet wird.

Die Resultate aller meiner Messungen stehen in vollem Einklang mit den Formeln von Cauchy. Auf den Rath desselben habe ich diese Arbeit vervollständigt durch einige Versuche über die Reflexion an der Trennungsfläche zweier mit elliptischer Polarisation begabter Körper. Die Theorie giebt an, dafs die Ellipticitätscoëfficienten sich subtrahiren müssen. Bei meinen Versuchen schüttete ich auf eine Glasplatte Wasser, Eisensesquichlorür-Lösung oder Lavendelöl. Diese Fälle bestätigten die Theorie oder vielmehr erhielt ich, als ich fette und ätherische Oele auf Wasser brachte, Phänomene, die dem Sinne und der Intensität nach, mit den von Hrn. Cauchy angekündigten ganz in Widerspruch standen.

XVI. *Ueber die Polarisation des von Glas reflectirten Lichts; von Hrn. E. Desains.*

(*Compt. rend. T. XXXI. p.* 676.)

Hr. Arago hat durch Versuche bewiesen, dafs in zwei Strahlen, reflectirt bei Winkeln, die um Mehr oder Weniger gleich weit vom Polarisationswinkel des reflectirenden Körpers abstehen, die Verhältnisse zwischen den Mengen des polarisirten und des totalen Lichtes nahe gleich sind.

Zur Berechnung der numerischen Werthe dieser Verhältnisse hat Fresnel die Formel gefunden:

$$\frac{\cos^2(i-r)-\cos^2(i+r)}{\cos^2(i-r)+\cos^2(i+r)}$$

worin i der Einfallswinkel und r der Refractionswinkel ist. Er hat gezeigt, dafs diese Formel durch das obige Arago'sche Gesetz bestätigt wird.

Ich habe mir nun in dieser Arbeit vorgenommen, diese

numerischen Werthe für verschiedene Winkel des Einfalls der Strahlen auf Glas durch Beobachtung zu bestimmen.

Ich bediente mich dazu einer Glassäule aus 13 Platten, die ich zuvor graduirt hatte. Zu dem Ende hatte ich eine Röhre, versehen an den Enden mit zwei Trommeln, deren eine eine parallel der Axe geschnittene Quarzplatte und die andere die Glassäule enthielt. Senkrecht auf die Quarzplatte liefs ich einen Strahl fallen, dessen Polarisationsebene den Winkel α mit der Axe dieser machte. Nach dem von Hrn. Arago experimentell bewiesenen Gesetz des Cosinusquadrat war in dem durchgehenden Strahl das Verhältnifs zwischen polarisirtem und totalem Licht $=\cos^2\alpha-\sin^2\alpha$ und die Ebene der partiellen Polarisation dieses Strahls mufste entweder mit der Axe des Quarzes zusammenfallen oder winkelrecht auf ihr seyn, je nach dem α kleiner oder gröfser als 45° war.

Der durchgegangene Strahl fiel dann auf die Glassäule, deren Einfallsebene mit der Polarisationsebene zur Coïncidenz gebracht war. Ich neigte die Säule bis sie den Strahl depolarisirte und mafs den Winkel ϱ, welchen der Strahl alsdann mit dem Perpendikel der Säule machte. Durch Veränderung von α konnte ich nun eine Graduirungstafel entwerfen, welche in einer Spalte die Verhältnisse zwischen dem polarisirten und dem totalen Licht in den verschiedenen partiell polarisirten Strahlen enthielten und in der anderen Spalte die Winkel, welche diese Strahlen mit dem Perpendikel der Säule machen mufsten, um vollständig depolarisirt zu seyn.

Nachdem die Säule sonach graduirt worden, liefs ich unpolarisirte Lichtstrahlen unter verschiedenen Einfallswinkeln i auf ein schwarzes Glas fallen, fing die reflectirten Strahlen mit der Säule auf und neigte dieselbe, ihre Einfallsebene immer mit der Reflexionsebene des Glases in Coïncidenz haltend, bis sie die Strahlen vollständig depolarisirte. Alsdann fand ich mittelst der erwähnten Tafel die Verhältnisse zwischen dem polarisirten und dem totalen Lichte in diesen Strahlen. So erhielt ich folgende Tafel:

Einfallswinkel am Glase.	Einfallswinkel an der Säule bei der Depolarisation.	Verhältnifs zwischen polarisirtem und totalem Licht.	
		Beobachtet:	Berechnet:
30	36° 52′	0,420	0,413
35	42 31	0,555	0,563
40	48 58	0,707	0,719
70	48 33	0,698	0,708
75	41 52	0,539	0,536.

Um nach der Fresnel'schen Formel die gesuchten Verhältnisse zu berechnen, nahm ich als Refractionsindex des angewandten schwarzen Glases die Zahl 1,425 an. Nach dem Brewster'schen Gesetz entspricht diese Zahl einem Polarisationswinkel dieses Glases = 54° 56′. Durch directe Bestimmung fand ich denselben = 54° 45′.

XVII. *Notiz über die Abstände der kleinen Planeten.*

[Wiewohl astronomische Gegenstände im Ganzen aufser dem Bereiche der Annalen liegen, so können wir uns doch nicht versagen, die nachstehende Notiz mitzutheilen. Sie ist entlehnt aus dem kürzlich erschienenen *Berliner astronomischen Jahrbuch* für 1853, bis auf die Data der Entdeckung der Planeten, die hier hinzugefügt wurden. Vom zwölften der kleinen Planeten, *Victoria*, entdeckt von Hind, in London, 1850 Sept. 13, ist die Bahn noch nicht hinlänglich berechnet. P.]

Man pflegt seit der Zeit, wo nur vier kleine Planeten bekannt waren oder eigentlich von der Zeit an, wo die zwei ersten derselben entdeckt wurden, von einer Region der kleinen Planeten zu sprechen, unter welcher man sich

meistentheils eine von der Mars- und Jupitersbahn beträchtlich abstehende enge Zone denkt. Durch die gröfsere Zahl der Planeten ist aber diese Zone so erweitert, dafs besonders in der Nähe der Marsbahn die früher bemerkte Lücke so gut wie ausgefüllt erscheint. In der Nähe der Jupitersbahn ist die Lücke noch merklicher. Stellt man nämlich die halben grofsen Axen der hier aufgenommenen elf kleinen Planeten mit denen des Mars und Jupiters zusammen, so ist die Reihenfolge:

Mars	1,524	Entdeckt von:
Flora	2,202	Hind in London, 1847 Oct. 18
Vesta	2,362	Olbers in Bremen 1807 März 29
Iris	2,385	Hind in London, 1847 Aug. 13
Metis	2,386	Graham in Markree, 1848 Apr. 25
Hebe	2,425	Hencke in Driesen, 1847 Juli 1
Parthenope	2,452	De Gasparis in Neapel, 1850 Mai 11
Astraea	2,577	Hencke in Driesen, 1845 Dec. 8
Juno	2,699	Harding in Lilienthal, 1804 Sept. 1
Ceres	2,768	Piazzi in Palermo, 1801 Jan. 1
Pallas	2,773	Olbers in Bremen, 1802 März 28
Hygiea	3,151	De Gasparis in Neapel 1849 Apr. 12
Jupiter	5,203.	

Berücksichtigt man die Excentricitäten der Bahnen, so erstreckt sich der Raum, innerhalb welches kleine Planeten vorkommen können

von 1,857 bei Flora bis 3,469 bei Hygiea

während das Aphel des Mars in der Entfernung 1,666 sich befindet. Vielleicht, dafs die späteren Entdeckungen den Raum zwischen der Bahn der Hygiea und des Jupiters ebenso mit Himmelskörpern ausfüllen werden, wie der Raum zwischen Mars und Hygiea bereits dicht besetzt ist.

XVIII. *Versuche über die Zähigkeit der hauptsächlichsten schmiedbaren Metalle, gemacht bei den Temperaturen 0°, 100° und 200° C.* von Hrn. *A. Baudrimont.*

(*Compt. rend. T. XXXI. p.* 115.)

Vor ungefähr sechzehn Jahren unternahm ich eine Reihe von Versuchen in der Absicht, die Gesetze der Wechselwirkung zwischen den Moleculen homogener Körper zu bestimmen. Um diesem Vorsatz zu genügen mufste ich die Beschaffenheit von Metalldrähten, die Elasticität und Zähigkeit (*ténacité*) der Metalle successive bei verschiedenen Temperaturen studiren.

Im Jahre 1835 theilte ich der Akademie das Resultat meiner Untersuchungen über die Beschaffenheit der Metalldrähte mit. Aus dieser Arbeit ging hervor, dafs die Metalle nur durch ein wohl gemäfsigtes Anlassen constante Eigenschaften erlangen, und dafs die verschiedenen Mittel, welche man zu ihrer Härtung anwendet, als da sind das Hämmern, Walzen und Drahtziehen, durch die Verringerung ihres Volums oder die Zusammenrückung ihrer Molecule, ihre Zähigkeit bedeutend erhöhen.

Im Jahre 1837 unternahm ich Versuche über die Elasticität nach der Methode des Ziehens. Diese Versuche beweisen, dafs die Verlängerung der Metalldrähte proportional ist den Lasten, welche sie tragen, bis zum Zerreifsen. Dasselbe Resultat hat auch Werther erhalten.

Im Jahre 1843 unternahm ich die den Gegenstand der vorliegenden Abhandlung bildenden Versuche über die Zähigkeit der Metalle bei den Temperaturen 0°, 100° und 200° C.

Die dem Versuche in Drahtform unterworfenen Metalle sind: Kupfer, Gold, Platin, Silber, Palladium und Eisen.

Die Drähte wurden in einem Bade von schmelzendem Eise, siedendem Wasser oder bis 200° C. erhitztem Oel

horizontal ausgespannt. Der Zug wurde bewerkstelligt durch trocknen Sand, der langsam und nach Belieben in das zu seiner Aufnahme bestimmte Gefäfs rollte. So wie der Draht rifs, löste das fallende Gefäfs einen Haken aus, der das Ausfliefsen des Sandes augenblicklich unterbrach.

Das Gefäfs, der darin enthaltene Sand und der es tragende Bügel wurden auf einer vortrefflichen Wage gewogen. Die so erhaltenen Resultate sind in folgender Tafel zusammengestellt.

	Durchmesser bei +16°. mm.	Querschnitt. □mm.	Maxima und Mittel.	Zähigkeit in Kilogrammen bei 0° C.	Zähigkeit in Kilogrammen bei 100° C.	Zähigkeit in Kilogrammen bei 200° C.	Zähigkeit für 1 □Millm. Querschnitt. Kilogramme. 0° C.	Zähigkeit für 1 □Millm. Querschnitt. Kilogramme. 100° C.	Zähigkeit für 1 □Millm. Querschnitt. Kilogramme. 200° C.
Gold	0,41250	0,13364	Max.	2,546	2,107	1,750	19,051	15,766	13,094
			Mitt.	2,459	2,035	1,722	18,400	15,224	12,878
Platin	0,41000	0,13202	Max.	3,040	2,696	2,392	23,026	20,421	18,118
			Mitt.	2,987	2,546	2,281	22,625	19,284	17,277
Kupfer	0,48000	0,18095	Max.	4,585	3,990	3,590	25,338	22,050	19,839
			Mitt.	4,542	3,958	3,296	25,100	21,873	18,215
Silber	0,39825	0,12456	Max.	3,546	3,055	2,329	28,620	24,526	18,705
			Mitt.	3,528	2,898	2,314	28,324	23,266	18,577
Palladium	0,39750	0,12409	Max.	4,590	4,083	3,625	36,983	32,871	29,212
			Mitt.	4,527	4,031	3,360	36,481	32,484	27,077
Eisen	0,17500	0,02405	Max.	5,046	4,835	5,130	209,813	201,039	213,305
			Mitt.	4,940	4,611	5,057	205,405	191,725	210,270

Aus diesen Versuchen folgt:

1) dafs die Zähigkeit der Metalle sich mit der Temperatur verändert;
2) dafs sie im Allgemeinen, jedoch nicht ohne Ausnahme, mit steigender Temperatur abnimmt;
3) dafs sie beim Silber rascher abnimmt als die Temperatur (steigt);
4) dafs sie beim Kupfer, Golde, Platin und Palladium weniger rasch abnimmt als die Temperatur (steigt);
5) dafs das Eisen einen eigenthümlichen, sehr merkwürdigen Fall darstellt, dafs nämlich seine Zähigkeit bei + 100° geringer ist als bei 0°, dagegen bei + 200° wiederum gröfser als bei 0°.

XIX. *Ueber Ozon-Reaction in der atmosphärischen Luft; von G. Osann.*

Dafs ein mit Jodkaliumstärke bestrichenes Papier in der Luft gebläut wird, ist hinlänglich bekannt. Ebenso, dafs ein solches gebläutes Papier unter Einwirkung des Lichts wieder gebleicht wird. Man schreibt die erstere Wirkung dem in der Luft vorhandenen Ozon zu. Zur Vervollständigung meiner Untersuchung über diesen interessanten Gegenstand war es mir darum zu thun auch hierüber einige Erfahrungen zu sammeln. Ich richtete zuvörderst meine Aufmerksamkeit auf die Frage, wie wohl in gröfseren Räumen eingeschlossene Luft sich verhalten möchte. Es wurden daher zwei Papiere, auf welche kreisförmige Flecke von Jodkaliumstärke aufgetragen waren, das eine in einem Wohnzimmer, das andere in einem nicht bewohnten Zimmer, beide in derselben Zimmerreihe in westlicher Lage gleich weit vom Fenster aufgestellt. Nach vier Tagen war an dem im Wohnzimmer befindlichen gar keine Reaction wahrzunehmen, an dem im nicht bewohnten Zimmer aufge-

stellten, schien am Rande eine ganz schwache Reaction stattgefunden zu haben. Ich will es aber dahin gestellt seyn lassen, ob sie unzweifelhaft als eine solche anerkannt werden könne. Ganz Anders verhält sich die Sache im Freien. Wurden im Garten meines Hauses, welcher eine offene Lage hat, zwischen 8 — 9 Uhr Abends Reactionspapiere aufgestellt, so konnte regelmäfsig den anderen Morgen zwischen 6 — 7 Uhr ein dem aufgetragenen Fleck von Jodkaliumstärke umgebender schwarzer Rand von Jodstärke wahrgenommen werden. Hingegen war am Tage bei hellem unbewölktem Himmel selten eine Reaction wahrzunehmen, wohl aber bei trübem Wetter. Diese Beobachtung erhielt eine bestimmtere Gestalt durch folgende Thatsache. Ich hatte am Abend des ersten Pfingstfeiertags ein Reactionspapier aufgestellt. Als ich am anderen Morgen zwischen 6 — 7 Uhr dasselbe betrachtete, war eine schöne Reaction wahrzunehmen. Es war zu dieser Zeit ein beträchtlicher Nebel in der Atmosphäre. Ich kam hierdurch auf den Gedanken, ob nicht die in der Luft sich niederschlagende Feuchtigkeit Einfluſs auf die Reaction ausüben könne. Ich stellte daher sogleich ein neues Reactionspapier auf, und fand um $9\frac{1}{2}$ Uhr, nach 3 Stunden, als der Nebel sich verzog, eine schöne Reaction auf dem Papiere. Dieser Umstand rief in mir die Ansicht hervor, es möchte wohl auch die in der Nacht sich niederschlagende Feuchtigkeit die vorzüglichste Ursache der Reaction seyn. Wäre dieſs der Fall, so muſste diese Reaction hauptsächlich zu der Zeit eintreten, bei welcher die Atmosphäre die niedrigste Temperatur hat, nämlich vor Sonnenaufgang. Wurde daher des Abends ein Reactionspapier aufgestellt und bald nach Sonnaufgang ein zweites daneben, so muſste sich an beiden zwischen 6 — 7 Uhr, wenn auch nicht eine ganz gleiche, doch beinahe gleiche Reaction zeigen. Auf diese Weise wurde in einer Woche zweimal verfahren und es zeigte sich ganz so, wie ich erwartet hatte. Die Reactionen entsprachen ganz der hier ausgesprochenen Ansicht.

Daſs diese Reaction nicht die unmittelbare Wirkung

der sich niederschlagenden Feuchtigkeit sey, sondern dafs der Grund hiervon in einer anderen sie begleitenden Erscheinung zu suchen sey, leuchtet ein. Allein welche mochte diese seyn? In dieser Beziehung habe ich in diesen Tagen eine Anzeige, in dem Tagblatt über Natur- und Heilkunde, von Faraday gelesen, welche Auflösung zu geben verspricht. Es ist darin bekannt gemacht worden, dafs der Engländer Philipps die Beobachtung gemacht habe, dafs die sich in der Luft niederschlagende Feuchtigkeit Elektricität erregt oder wohl richtiger gesagt, aus den höheren Regionen den niederen zuführe. Da nun ausströmende Elektricität schon in einiger Entfernung Jodkaliumstärke bläut, wovon man sich leicht mit einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine überzeugen kann, so scheint in der die Wasserdünste begleitenden Elektricität die Ursache der Ozonreaction enthalten zu seyn.

Würzburg, den 9. Juli 1850.

XX. *Entgegnung.*

In dem Jahresbericht für Chemie, Physik u. s. w. von Liebig und Kopp für 1849 wird den Versuchen, welche ich über die Magnetisirungsmethode von Elias anstellte (d. Ann. Bd. 77) der Vorwurf gemacht, ich hätte die beiden Enden des Stabes nicht, wie Elias empfiehlt, „verankert oder durch weiches Eisen in Verbindung gesetzt". Elias sagt aber nur „man thut wohl — — wenn der Stab ein gerader ist, ihn oben und unten mit einem Stück weichen Eisens zu versehen". Dieses habe ich aber gethan, was abgesehen von allem Anderen daraus hervorgeht, dafs S. 541 in den Ann. der Erfolg ohne weiches Eisen speciell angeführt ist. Was den Versuch betrifft, den der Berichterstatter zur Widerlegung anführt, ohne aber die gebrauchte Stromstärke anzuführen, so wurde dabei eine $4\frac{1}{2}$ Pfd. schwere „Bandspirale" gebraucht, und derselbe beweist also gar Nichts gegen meine Behauptung; denn eine Spirale nach Elias wiegt nur $1\frac{1}{4}$ Pfd. und die vorzügliche Wirksamkeit der Spirale bei grofsen Mitteln habe ich ja selbst anerkannt und nachgewiesen.

Freiburg im October 1850. Dr. J. Frick.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1851. ANNALEN No. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXII.

I. *Untersuchungen über die Vertheilung der mittleren Jahrestemperatur in den Alpen;* von *Hermann Schlagintweit.*

Der Gegenstand der folgenden Untersuchungen ist zunächst die Vertheilung der mittleren Jahrestemperaturen in verschiedenen Alpentheilen und ihre Abnahme nach der Höhe. Die Temperaturverhältnisse bieten den Vortheil, durch die langen Beobachtungsreihen vieler Orte eine Darstellung zu erlauben, bei welcher auch die kleineren und dabei oft so wichtigen Veränderungen in kürzeren Perioden berücksichtigt werden können. Da diese Abhandlung einen Theil einer gröfseren Arbeit bildet, werde ich mir erlauben am Schlusse die vorzüglichsten Resultate mitzutheilen, welche sich aus der Beobachtung der monatlichen Temperaturen und der absoluten Extreme für das Klima der Alpen ergaben.

Material der Untersuchungen.

Das Material für die folgenden Untersuchungen bilden theils die schon vorhandenen, theils neuere Beobachtungen. Bei unserem wiederholten Aufenthalte, auch in gröfseren Höhen, hatten wir selbst Gelegenheit, Beobachtungen in den Sommermonaten anzustellen; obgleich diese Reihen nur kürzere Perioden umfafsten, hatten sie doch den Vortheil, uns mit dem *Gange* der Temperatur und dem Einflusse localer Störungen bekannt zu machen. Diese sind in gröfseren Gebirgen so häufig und so bedeutend, dafs eine sorgfältige Berücksichtigung derselben auch für länger fortgesetzte Beobachtungen von Wichtigkeit ist.

Für das Jahr $18\frac{48}{49}$ besitzen wir jedoch ausführliche Beobachtungen an mehreren Punkten der Alpen in sehr verschiedenen Höhen; sie wurden auf unsere Bitte von mehreren Bergwerksbeamten und Geistlichen angestellt, welche die Güte hatten, dieselben an den von uns mitgetheilten Instrumenten während des ganzen Jahres fortzusetzen. Eine sehr umfassende Reihe von Beobachtungen desselben Jahres verdanken wir der gütigen Mittheilung des Hrn. J. Prettner in Klagenfurt, unter dessen specieller Leitung sie angestellt wurden; diese letzteren interessanten Punkte bilden jetzt einen Theil jener meteorologischen Beobachtungen, welche in dem ganzen Umfange des österreichischen Staates von der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien mit so vieler Thätigkeit und Umsicht geleitet werden.

Jene Instrumente, welche wir selbst an den betreffenden Stationen zurückliefsen, sind von A. Greiner [1]) in München; jene an den von Hrn. Prettner geleiteten Stationen sind von Kapeller in Wien; beide sehr sorgfältig gearbeitet und mit Normalinstrumenten verglichen; der Platz für die Aufstellung derselben ist überall mit der nothwendigen Vorsicht ausgewählt; indem die Instrumente sowohl vor directer und reflectirter Besonnung als auch vor der Erkältung durch feuchte Mauern gesichert wurden. Zur Bestimmung der Temperaturextreme liefsen wir an mehreren Stationen Rutherford'sche Thermometrographen [2]) zurück.

1) Bei unserem Quecksilberthermometer wurde aufser der Calibrirung der Röhre und der Reduction des Siedepunktes auf 760 M. M. Barometerstand, auch Egen's Beobachtung über das Zusammenziehen der frisch geblasenen Kugeln berücksichtigt, indem der Nullpunkt erst 6 bis 8 Monate nach dem Blasen der Kugel bestimmt wurde.

2) In manchen Fällen wurde von uns selbst auch ein Six'scher Thermometrograph mit Vortheil benutzt, da er eine verticale Stellung erlaubte; allein bei dem Transporte ist dieses Instrument sehr leicht Zerrüttungen unterworfen. An den Minimumthermometern nach Rutherford, welche bekanntlich mit Weingeist gefüllt sind, wurde die ungleiche Ausdehnung des Weingeistes durch Correctionen an der Scale ausgeglichen.

Als sehr empfindlicher Instrumente bedienten wir uns bei unseren eigenen Beobachtungen zweier Lufthermometer. Die Scale mufste zwar für jede Versuchsreihe aufs Neue durch eingegossene Flüssigkeit hergestellt werden, allein ihre Empfindlichkeit und die bedeutende Länge, welche man für die einzelnen Grade geben konnte, machte sie in manchen Fällen sehr brauchbar. Diese Instrumente dienten uns vorzüglich zur Temperaturbestimmung für Luftströmungen am Gletscher und der relativ grofsen, plötzlichen Schwankungen in den Hochregionen. Da wir uns jedesmal von der Uebereinstimmung derselben mit dem Quecksilberthermometer überzeugten, so würde es überflüssig seyn, ihre Angaben besonders zu bezeichnen. Unsere übrigen Thermometer waren in Fünftel-Grade direct getheilt. *Alle Temperaturangaben beziehen sich auf die hunderttheilige Scale.*

Die schon länger bekannten Beobachtungsreihen sind hauptsächlich aus den umfassenden Temperaturtafeln [1]) von Dove entlehnt. Die Angaben sind dort in Réaumur'scher Scale und folgen hier auf Celsius reducirt.

Viele der südlichen Alpenstationen sind auch in Schouw's *Climat de l'Italie* [2]) in Celsius enthalten. Um Reductionen zu vermeiden, führten wir dieselben nach dem letzteren Werke an. Auch aus Mahlmann's Abhandlung [3]) „Ueber die mittlere Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche" sind mehrere Stationen entnommen, für welche nur die Mittel des Jahres und der Jahreszeiten bekannt sind. Die in Dove und Schouw enthaltenen Temperaturen sind auf wahre Mittel reducirt; bei unseren Stationen zogen wir es vor, die unmittelbaren einjährigen Resultate zu geben, da gerade bei der hohen Lage vieler

1) H. W. Dove etc. Temperaturtafeln nebst Bemerkungen über die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde und ihre jährlichen periodischen Veränderungen. Aus den Abhandlungen der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1848. G. Reimer 4°.

2) J. F. Schouw *Tableau du climat de l'Italie. Vol. I. Copenhague Gyldendal.* 4° *II d. Supplém.*

3) In Dove's Repertorium der Physik. Berlin 1841. Bd. IV. S. 1 – 174.

Orte und bei der relativ kurzen Beobachtungszeit die Reduction auf wahre Mittel kaum mit vollständiger Sicherheit ausgeführt werden könnte. Die Vergleichbarkeit derselben wird dadurch unter sich gar nicht, und mit den übrigen Stationen gewifs nur wenig beeinträchtigt, da das wahre Mittel von Innsbruck 9,3° C. jenes des Jahres $18\frac{48}{49}$ 8,9° C. ergiebt. Für die einzelnen Monate wurden stets *nur* wahre Mittel oder *nur* einjährige Beobachtungen unter sich verglichen [1]).

1) Die Temperatur des Jahres $18\frac{48}{49}$ in den einzelnen Monaten läfst sich aus folgender Zusammenstellung beurtheilen.

Innsbruck.

Breite 47° 16'. Länge Gr. O. 11° 23'. Höhe 1769 P. F.

Monat.	VV. M.	$18\frac{48}{49}$.	Diff.	Monat.	VV. M.	$18\frac{48}{49}$.	Diff.
Januar	— 2,8° C.	— 2,1° C.	— 0,7	Juli	+ 18,4	+ 18,5	— 0,1
Februar	+ 0,6	+ 0,9	— 0,3	August	18,2	16,5	+ 1,7
März	5,0	3,0	+ 2,0	Sept.*)	15,1	14,8	+ 0,3
April	10,3	8,8	+ 1,5	Oct.	11,5	11,8	— 0,3
Mai	14,9	14,5	+ 0,4	Nov.	3,6	2,8	+ 0,8
Juni	18,3	18,7	— 0,4	Dec.	— 1,2	— 1,4	+ 0,2
Winter	— 1,1	— 0,9	— 0,2	Sommer	+ 18,3	+ 17,9	+ 0,4
Frühling	+ 10,1	+ 8,8	+ 1,3	Herbst	10,1	9,8	+ 0,3

Jahr.	VV. M.	$18\frac{48}{49}$.	Differenz.
	9,3	8,9	+ 0,4

*) Januar bis August incl. vom Jahre 1849. Sept. bis Dec. 1848.

Die Schwankungen des Jahresmittel sind im Allgemeinen weit kleiner, als es die Veränderungen der einzelnen Monate erwarten liefsen. Sie betragen für Paris 1806—1826 + 1,3 und — 1,4° C. Summe 2,7. (Arago in Jameson *New phil. Journ. Vol.* 41, 1846).

Zusammenstellung der meteorologischen Beobachtungen in den Alpen.

In den folgenden Tabellen suchte ich die älteren und neueren Stationen aus dem Gebiete der Alpen zu vereinigen.

Sie erhalten erstens die alphabetische Reihe der Beobachtungspunkte, von denen monatliche Mittel bekannt sind — mit Angabe der drei Coordinaten [1]); Stunden der Beobachtung [2]), Zahl der Jahre, Namen der Beobachter und Aehnliches, was für den Werth der Temperaturangaben von Interesse ist, wurde in den beiden letzten Spalten beigefügt.

Eine zweite Zusammenstellung, die Temperaturtafeln, umfafst die Mittel der Monate, Jahreszeiten und Jahre. Die Stationen wurden dabei, um die folgenden Betrachtungen unmittelbar an sie anknüpfen zu können, in einzelne Gruppen gesondert und in diesen nach der Höhe geordnet.

Diese Gruppen sind: I. Oestliche Alpen. — II. Nördliche Kalkalpen und die anstofsende Hochebene. — III. Centralalpen (Tauern, Oetzthalergruppe, Graubündten, Berner-Alpen). — IV. Westrand der Alpen. (Zwischen den Alpen und dem Jura.) — V. Südrand der Alpen. Es wurden hier auch die nächsten Punkte der lombardischen Ebene aufgenommen.

1) Da Dove's Temperaturtafeln die Längen von Greenwich geben, wählten auch wir, um Reductionen zu vermeiden, bei unsern Stationen diesen Ausgangspunkt. Für jene Orte, von welchen nur das Jahresmittel bekannt ist, wurden auch die Angaben über Lage etc. in die Temperaturtafeln als Anhang zu den einzelnen Gruppen aufgenommen, um in der ersten Zusammenstellung Raum zu gewinnen. Die Höhen beziehen sich stets auf den Standpunkt der meteorologischen Instrumente, wo derselbe speciell bestimmt war.

2) In der Spalte „Stunden der Beobachtung" sind mehrmals Zahlen eingeklammert. Diese Bezeichnung zeigt an, dafs die Stunden wegen der Berufsgeschäfte der Beobachter geändert werden mufsten. Solche Aenderungen bezogen sich gewöhnlich auf mehrere Monate zugleich, und wurden stets bei der Berechnung der Mittel berücksichtigt.

A. Orte der Beobachtung.

I. Stationen für das Jahr $18\frac{48}{49}$.

No.	Name der Station [1]).	Breite N.	Länge Gr. O.	Absolute Höhe in Pariser Fuſs.	Stunden der Beobachtung.
1.	Altaussee in Steiermark	47° 38′	13° 47′	2162	9. (8.) 2. 6. (7.) u. Min.
2.	Goldzeche auf d. Fleuſs in Kärnthen	47° 4′	12° 53′	8590 (8855 VV. F. Kampner.)	7. 2. 9.
3.	Haller-Salzberg bei Innsbruck. . .	47° 18′	11° 27′	4528	9. 2. 7. u. Min. 1849 u. 9. 9. 1841.
4.	Heiligenblut in Kärnthen	47° 1,5′	12° 49′	4004	9. (8.) 12. 2. 7. (6.)
5.	Johannishütte am Ufer des Pasterzengletschers bei Heiligenblut	47° 5,8′	12° 44,1′	7581	7. 9. 12. 2. 7. 9. u. Max. u. Min.
6.	Innichen im Pusterthale.	46° 43′	12° 15′	3999	7. 2. 9.
7.	Innsbruck	47° 16′	11° 23′	1769	7. 2. 9.
8.	Klagenfurt [2])	46° 37′	14° 19′	1349	7. 2. 9. u. Max. u. Min.
9.	Lienz im Pusterthale	46° 48′	12° 45′	2314	9. 2. 7. (6.)
10.	Obir I. bei Klagenfurt			3770	7. 2. 9.
11.	Obir II.			4948	7. 2. 9.
12.	Obir III.			6281	7. 2. 9.
13.	Radsberg bei Klagenfurt			2402	7. 2. 9.
14.	Sagritz im Möllthale in Kärnthen .	46° 59	12° 53′	3520	7. 2. 9. u. Max. u. Min.
15.	Vent im Oetzthale	46° 52′	10° 55′	5791	7. 9. 2. 7. u. Min.

1) Des Raumes wegen mufsten die Namen der Beobachter an den verschiedenen Stationen hier fortgelassen werden.

2) Nach der Bestimmung von Director Kreil, mitgetheilt von Hrn. Prettner: 46° 37′ 17″. NB. 31° 58′ 50″ O. L. von Ferro.

II. Stationen mehrjähriger Beobachtungen nach Dove[1]).

No.	Name der Station.	Breite N.	Länge Gr. O.	Absolute Höhe in Pariser Fuſs.	Stunden der Beobachtung.	Zahl der Beobachtungsjahre.
16.	Andechs in Oberbaiern.	47° 58′	11° 12′	2160	7. 2. 9.	8
17.	Benediktbeuern in Oberbaiern . .	47 42	11 30	1890	7. 2. 9.	1
18.	Bern	46 57	7 26	1790	Max. u. Min.	21
19.	Chur	46 50	9 38	1880	Sonnenaufg. 2.	5
20.	Faulhorn	46 40	12 40	8250		4 Monate
21.	Freiburg	46 48	7 10	1950	Max. Min.	4
22.	St. Gallen	47 26	10 22	1700	9. 9.	16
23.	Genf	46 12	6 10	1253	Sonnenaufgang 2.	30
24.	Gratz	47 4	15 27	1206	7. 5.	2
25.	Gries im Selraimthale in Tirol . . .	47 12	11 8	3650	8. 9. 10½. 12. 3. 5. 9.	4
26.	Kitzbüchel	47 27	12 24	2350	7. 5.	3
27.	Lausanne	46 31	6 38	1533	3 Mal.	10
28.	Lenzburg	46 23	8 10	1270	9. 9.	6
29.	Mittenwald im Isarthale	47 27	11 15	2880	7. 1.	8
30.	St. Maria am VVormserjoch . . .	46 33	10 25	7643	Max. Min.	8
31.	Ouchy	46 29	6 38	1220		
32.	München, Sternwarte in Bogenhausen	48 9	11 36	1573	Sonn. A. 2½. Sonn. U.	12
33.	Peissenberg in Oberbaiern	47 48	11 1	3015	7. 2. 9.	17
34.	Reichenhall in Oberbaiern . . .	47 43	12 53	1407	Morg. Mitt. Abend.	3
35.	Salzburg	47 48	13 3	1259	7. 1. 9.	2
36.	Tegernsee in Oberbaiern	47 30	11 32	2251	7. 2. 9.	8
37.	Vevey am Genfersee	46 29	6 38	1220		2
38.	VVien	48 13	16 23	450	8. 3. 10.	60
39.	Zürich[2])	47 23	8 32	1254	Max. Min.	6
					9. 9.	9

1) Repertorium Bd. IV. und Temperaturtafeln.

2) Die Stationen No. 28, 34, 35 und die II. Reihe von 39 verdanke ich einer neueren persönlichen Mittheilung des Hrn. Prof. Dove.

III. Stationen mehrjähriger Beobachtungen nach Schouw [1]).

No.	Name der Station.	Breite N.	Länge Gr. O.	Absolute Höhe in Pariser Fufs.	Stunden der Beobachtung.	Zahl der Beobachtungsjahre.
40.	St. Bernhard	45° 50′	6° 6′	7668	Max. Min.	14
41.	Mont Cenis	45 14	6 55	6000	Morg. 12. Abend.	8 Monate
42.	Gotthard	46 32	8 33	6650	7. 2. 9. (10.)	$10\frac{1}{2}$
43.	Görz	45 54	13 40	265		7
44.	Mailand	45 28	9 11	431	Sonnenaufg. 2. (3.)	70
45.	Soglio.	46 24	9 32	3400	8. 2. 9.	2
46.	Tolmezzo	46 31	13 3	938		5
47.	Trient im Etschthale	46 41	11 4	700		3
48.	Triest	45 38	13 46	0	7. 2. 9	15
49.	Turin	45 4	7 41	857	Sonn. A. 12. Sonn. U.	30
50.	Venedig	45 26	12 21	20	$\frac{1}{2}$ nach Sonnenaufg. 2. 9.	19

1) *Climat de l'Italie.* Celsius. Auch in Dove's Temperaturtafeln enthalten. Réaumur.

B. Temperaturtafeln.

I. Oestliche Alpen.

	Wien 450.	Gratz 1206.	Klagenfurt 1349.	Radsberg 2402.	Obir I. 3770.	Obir II. 4948.	Obir III. 6281.	
Januar	— 1,5	— 3,6	— 6,9	— 3,4	0,6	— 0,1	— 5,1	Januar
Februar	0,9	— 0,7	0,7	2,1	3,6	2,1	— 5,2	Februar
März	4,9	2,8	1,9	1,8	3,4	1,8	— 6,1	März
April	11,0	8,3	7,4	6,4	7,9	3,4	— 1,3	April
Mai	16,8	14,4	14,4	12,3	11,6	9,3	2,5	Mai
Juni	19,7	18,8	19,1	17,7	16,8	13,8	10,3	Juni
Juli	21,5	20,2	18,4	16,7	15,8	13,6	9,2	Juli
August	21,1	18,9	16,4	15,1	14,9	12,6	5,7	August
September	16,6	15,6	12,6	11,9	12,6	10,1	5,4	September
October	10,6	9,1	10,6	—	9,9	7,6	3,1	October
November	4,6	5,4	— 1,0	—	7,3	2,6	— 5,0	November
December	0,6	— 2,2	— 7,1	—	— 1,6	— 0,3	— 5,2	December
Winter	0,0	— 2,2	— 4,4	(— 1,6)	0,9	0,6	— 5,2	Winter
Frühling	10,9	8,5	7,9	6,8	7,6	4,8	— 1,6	Frühling
Sommer	10,8	19,3	18,0	16,5	15,8	13,3	8,4	Sommer
Herbst	10,6	10,0	7,4	(7,0)	9,9	6,8	1,2	Herbst
Jahr	10,8	8,9	7,2	7,2	8,6	6,4	7,0	Jahr

Obervellach in Kärnthen 2057 [1]) P. F. 10,9° C.?
Altaussee in Steiermark 2160 P. F. 6,0° C.
Bleiberg in Kärnthen 2750 P. F. 6,7° C.

1) 2057′ nach einer Bestimmung von Kamper. (1700 Mahlmann.)

II. Nördliche Kalkalpen.

	Salzburg 1259.	Reichenhall 1407.	München 1573.	Innsbruck 1769.	Benediktbeuern 1890.	Andechs 2160.	Tegernsee 2251.	Kitzbüchel 2350.	Mittenwald 2880.	Peifsenberg 3015.	Gries 3650.	Haller Salzberg. 4528.	
Januar	— 1,6	— 1,9	— 3,3	— 2,1	— 3,4	— 1,5	— 2,0	— 3,4	— 2,8	— 2,1	— 2,0	— 2,9	Januar
Februar	— 0,4	2,5	— 0,7	0,9	1,5	— 0,4	— 1,0	0,3	0,1	— 0,7	— 4,0	— 2,7	Februar
März	1,6	5,5	3,9	— 3,0	— 0,9	3,4	0,4	2,8	1,6	1,0	1,1	— 0,9	März
April	9,0	9,4	8,2	8,8	10,1	8,9	6,4	8,5	6,1	6,2	6,5	1,4	April
Mai	11,9	14,9	12,0	14,5	16,3	15,0	11,5	14,4	11,4	11,3	8,5	6,5	Mai
Juni	16,3	18,6	15,0	18,7	15,3	18,4	14,8	16,6	15,6	13,3	8,9	12,3	Juni
Juli	16,8	22,3	17,3	18,5	18,8	19,8	17,2	18,7	15,8	15,8	12,4	11,4	Juli
August	15,9	19,9	16,4	16,5	17,6	18,9	16,0	18,5	15,3	15,7	14,8	11,3	August
September	13,7	16,4	13,6	14,8	11,2	16,0	13,7	14,0	12,3	12,0	11,4	11,0	Septemb.
October	9,4	9,2	8,7	11,8	6,6	9,4	6,8	8,7	7,2	7,0	5,9	8,0	October
November	5,0	4,5	2,4	2,8	1,3	3,4	2,3	2,2	3,2	2,2	3,3	— 0,5	Nov
December	0,4	2,8	0,2	— 1,4	— 1,2	— 1,3	— 2,0	— 1,3	— 0,4	— 0,5	— 2,5	— 2,5	Decemb.
Winter	— 0,5	1,1	— 1,3	— 0,9	— 1,0	— 1,0	— 1,7	— 1,7	— 0,4	— 1,1	— 2,9	— 2,7	Winter
Frühling	7,5	9,9	8,0	8,8	8,5	9,1	6,1	8,5	6,5	6,2	5,3	2,3	Frühling
Sommer	16,3	20,3	16,2	17,9	17,2	19,0	16,0	17,9	15,5	15,0	12,0	11,7	Sommer
Herbst	9,4	10,0	8,2	9,8	6,4	9,4	7,6	8,3	7,6	7,0	6,9	6,2	Herbst
Jahr	8,1	10,3	7,8	8,9	7,8	9,1	7,0	8,3	7,2	6,8	5,4	4,4	Jahr

Rigi [1]) 5541° F. Januar 1827 —5,4
Juni 1827 4,4.

1) Berechnet nach Horner, Schweiz. Denkschr. 1833. I. Bd. II. Abth.

III. Centralalpen.

	Bern 1790.	Chur 1880.	Lienz 2314.	Sagritz 3520.	Innichen 3999.	Heiligenblut 4004.	Vent 5791.	St. Gotthard 6650.	Sta. Maria 7643.	Mailand [1] 431.	Differenz.	Fleuls Goldzeche [2] 8590.	
Januar	— 3,1	— 1,5	— 4,3	— 2,8	— 6,6	— 3,2	— 7,2	— 7,3	— 12,5	0,8	13,3	— 13,4	Januar
Februar	0,2	1,9	— 0,9	1,4	— 0,6	— 0,2	— 8,1	— 8,4	— 10,4	3,6	14,0	— 12,1	Februar
März	3,6	5,8	2,5	0,7	0,6	— 0,1	— 5,4	— 7,5	— 9,2	8,8	18,0	— 11,1	März
April	7,5	8,7	4,8	4,1	4,2	2,7	— 0,9	— 3,0	— 5,2	13,0	18,2	— 4,6	April
Mai	12,3	15,7	12,3	11,0	9,3	9,1	5,2	2,2	0,9	17,2	16,3	— 0,9	Mai
Juni	14,7	16,5	18,1	15,0	15,8	13,1	12,9	5,4	5,2	21,4	16,2	2,1	Juni
Juli	17,0	18,8	17,3	14,5	15,4	14,0	12,7	7,2	9,4	24,7	15,3	4,0	Juli
August	16,5	17,6	15,0	13,6	14,2	11,9	11,6	7,5	7,9	23,6	15,7	3,4	August
September	13,3	15,1	11,8	11,5	11,2	10,0	5,0	5,0	1,6	16,9	15,3	0,2	Sept.
October	8,3	10,2	6,3	7,6	8,7	7,7	2,3	— 0,1	— 1,6	14,0	15,6	— 2,9	October
November	3,0	5,4	— 2,0	— 0,4	— 2,4	— 0,8	5,7	— 4,8	— 9,0	5,8	14,8	— 7,4	Nov.
December	— 0,6	— 0,1	— 4,1	— 2,1	— 7,3	— 2,8	6,9	— 7,1	— 9,3	5,0	14,3	— 11,4	Dec.

1) Eine Reihe von Beobachtungen gleichzeitig mit jenen von Sta. Maria.

2) Die Beobachtungen waren leider vom Juni 1849 an unterbrochen; die Temperaturen der fehlenden Monate wurden theils nach unseren eigenen Beobachtungen in gleicher Höhe, theils nach den anderen höchsten Beobachtungspunkten durch Interpolation ergänzt.

III. Centralalpen.

	Bern 1790.	Chur 1880.	Lienz 2314.	Sagritz 3520.	Innichen 3999.	Heiligenblut 4004.	Vent 5791.	St. Gotthard 6650.	Sta. Maria 7643.	Mailand 431.	Differenz.	Fleufs Goldzeche 8590.	
Winter	— 1,1	0,1	— 3,1	— 1,2	— 4,8	— 2,1	— 7,4	— 7,6	— 10,7	3,1	13,8	— 12,3	Winter
Frühling	7,9	10,1	6,5	5,3	4,7	3,9	— 0,4	— 2,8	— 4,5	13,0	17,5	— 5,5	Frühling
Sommer	16,1	17,7	16,8	14,4	15,1	13,0	12,4	6,7	7,5	23,2	15,7	3,2	Sommer
Herbst	8,2	10,2	5,4	6,2	5,8	5,6	0,5	0,0	— 3,0	12,2	15,3	— 3,4	Herbst
Jahr	7,8	9,5	6,4	6,2	5,2	5,1	1,3	0,9	— 2,7	12,9	15,6	— 4,5	Jahr

Chamouni	3150 P. F.		Jahr	4,0° C.?	(Agassiz)
Pavillon am Unteraargletscher	7212 P. F.		Juli 1845	5,2	
Johannishütte an der Pasterze	7581 P. F.		August 1848	5,1	
			Sept. 1848	3,3	
			Jahr	— 1,3	(berechnet)
Hôtel am Unteraargletscher	7642 P. F.	24 — 31.	August	4,0	(Agassiz)
Faulhorn	8250 P. F.		Juni	2,5	
			Juli	4,0	
			August	3,5	
			September	1,5	
Col du Géant	10600 P. F.		Jahr	— 6	(berechn. Humb. Mém. d'Arc. III. 568.)

IV. Westrand der Alpen.

	Zürich I. 1254.	Zürich II. 1254.	Lenzburg 1270.	Vevey 1250.	Ouchy 1220.	Genf 1253.	Lausanne 1533.	St. Gallen 1700.	Freiburg 1950.	
Januar	— 2,6	— 1,3	— 1,9	0,7	— 3,2	— 0,5	— 0,9	— 1,6	— 4,3	Januar
Februar	1,2	0,0	— 2,1	2,3	4,0	2,3	2,4	0,9	— 0,8	Februar
März	4,4	3,3	3,0	6,1	5,9	5,9	4,7	4,5	3,7	März
April	7,5	8,7	10,6	10,1	5,2	11,0	9,0	9,4	8,1	April
Mai	15,7	13,6	15,6	14,6	13,0	16,8	13,8	13,5	12,7	Mai
Juni	16,4	18,3	19,8	18,0	17,8	19,8	18,1	16,0	15,0	Juni
Juli	18,7	18,4	21,4	20.3	20,2	22,1	17,6	18,6	17,1	Juli
August	18,5	16,2	19,3	18,0	21,2	22,1	18,8	19,7	16,4	August
September	14,5	12,8	16,4	15,3	16,7	18,4	15,5	14,6	12,0	September
October	10,0	8,1	9,8	11,9	11,5	12,2	9,8	9,4	7,3	October
November	3,9	4,5	5,0	4,5	4,4	6,5	4,5	4,2	2,6	November
December	— 1,0	0,1	— 0,1	3,5	2,5	1,6	0,0	0,9	— 0,8	December
Winter	— 0,8	— 0,4	— 1,4	2,2	1,1	1,1	0,5	0,1	— 2,0	Winter
Frühling	9,2	8,5	9,7	10,3	8,0	11,2	9,2	9,1	8,2	Frühling
Sommer	17,9	17,6	20,2	18,8	19,7	21,2	18,2	18,1	16,2	Sommer
Herbst	9,5	8,5	10,4	10,6	10,8	12,4	9,9	9,4	7,3	Herbst
Jahr	8,9	8,6	9,7	10,4	9,9	11,5	9,4	9,2	7,4	Jahr

Aarau. 1185 P. F. Jahr 9,9° C.
Solothurn. 1308 P. F. Jahr 9,5° C.
} Thurmann, *Essai de Phytostatique T. I., p.* 37.

V. Südrand der Alpen.

	Venedig 20.	Triest 0.	Görz 265.	Mailand 431.	Trient 700.	Turin 857.	Tolmezzo 938.	Soglio 3400.	Mont Cenis 6000.	St. Bernhard 7668.	
Januar	1,8	3,5	5,0	0,6	— 0,3	— 0,6	— 1,8	— 1,2	— 7,1	— 8,8	Januar
Februar	3,9	4,1	5,0	3,4	3,2	2,4	0,4	0,9	— 4,2	— 7,5	Februar
März	7,9	7,2	7,6	8,3	6,9	7,0	4,0	4,5	— 0,5	— 5,5	März
April	12,6	11,6	12,5	12,9	11,9	11,5	9,2	8,5	5,0	— 2,0	April
Mai	17,4	17,4	12,5	17,9	17,3	16,8	15,2	11,7	9,6	2,0	Mai
Juni	21,3	20,6	20,1	21,4	20,8	20,3	19,3	13,9	15,0	4,3	Juni
Juli	23,9	22,6	22,6	23,8	22,7	22,7	20,7	17,3	16,9	6,6	Juli
August	23,2	22,5	22,6	23,1	22,3	22,9	20,4	16,6	17,5	6,6	August
Sept.	19,0	18,5	20,0	19,0	19,7	18,0	17,5	12,6	11,6	3,5	Sept.
October	13,7	14,0	12,6	13,5	13,1	12,5	10,8	8,5	6,1	— 0,2	October
Nov.	7,0	8,7	8,9	7,1	6,5	5,9	5,1	2,5	— 0,5	— 4,2	Nov.
Dec.	4,4	4,4	7,6	2,4	3,5	0,7	0,9	2,8	— 5,7	— 7,0	Dec.
Winter	3,4	4,1	5,9	2,1	2,1	0,8	— 0,2	0,8	— 5,7	— 7,8	Winter
Frühling	12,6	12,0	10,8	13,0	12,1	11,7	9,5	8,2	4,7	— 1,8	Frühling
Sommer	22,8	21,9	21,8	22,8	21,9	22,0	20,1	15,9	16,5	5,9	Sommer
Herbst	13,3	14,0	13,8	13,2	13,1	12,1	11,2	7,9	5,8	— 0,3	Herbst
Jahr	13,1	13,0	13,1	12,8	12,4	11,7	10,2	8,3	5,4	— 1,0	Jahr

Chambéry[1]) 822 P. F. 10,8° C. Aosta · 1893 P. F. 11,1° C.
Botzen 1040 P. F. 13,0 Agordo[2]) 1933 P. F. 12,3

1) Chambéry nach Thurmann I. p. 38 = 11,7° C.
2) Zur näheren Charakteristik der Ebene am Südrande können noch folgende Orte dienen: Brescia 470′ 13,7. Chioggia 13,4. Clodia 13,6. Conegliano 14,2. Crespano 1000′ 11,6. Padua 12,9. Pavia 12,9, Sacile 11,9. Verona 15,0. Vicenza 12,9.

Bedingungen der Wärmeabnahme mit der Höhe.

Allen Theilen der Alpen ist die Erscheinung gemeinschaftlich, dafs die Temperatur mit der Höhe abnimmt. Die mittleren Jahrestemperaturen sind dabei wegen des gleichmäfsigen Typus des Klimas für die meisten Stationen sehr geeignet, die Gesetze der Temperaturabnahme mit der Höhe im Allgemeinen hervortreten zu lassen, obwohl wie wir sehen werden, die Monatsisothermen für das Einzelne dieser Erscheinung noch charakteristischer sind.

Die Ursachen, von denen die Verminderung der Wärme mit der Höhe abhängt, lassen sich in zwei Gruppen bringen, indem sie entweder direct die gröfsere Erwärmung der tieferen, oder zunächst nur eine Erkältung der obern Schichten bedingen.

Aufserdem sind noch die störenden Momente zu berücksichtigen, welche die so entstandenen Unterschiede wieder auszugleichen streben.

Zur gröfseren Erwärmung der unteren Schichten tragen vorzüglich die *verschiedene Dichtigkeit der Atmosphäre* und die *Einwirkung fester Körper durch Insolation* bei.

Bei dem Durchgange der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre werden die höheren Theile derselben wegen ihrer geringeren Dichtigkeit weniger erwärmt, als die tieferen.

Noch weit entschiedener wirkt auf die Temperaturerhöhung der unteren Schichten die Eigenschaft des unteren Gesteines, sich bei directer Besonnung bedeutend zu erwärmen. Die so erzeugte Wärme wird zuerst den Luftschichten in der Nähe des Bodens mitgetheilt, und die Temperatur würde in einiger Entfernung sehr rasch abnehmen, wenn nicht die Unterschiede der Wärme selbst dazu beitrügen, eine Mischung der Atmosphäre zu veranlassen, indem sich mit der Temperatur zugleich die specifische Schwere der Luft verändert, und so eine stete Bewegung herbeigeführt wird.

Der erwärmende Einfluſs der festen Körper gewinnt gerade für diese Untersuchungen dadurch an Wichtigkeit, daſs wir nicht die Abnahme in freier Atmosphäre, sondern in verschiedenen Stufen eines Gebirges, also stets in der Nähe fester Massen betrachten. Es muſs demnach die Gröſse der beobachteten Temperaturen sehr wesentlich auch davon abhängen, wie viel *Masse*, wie viel *Oberfläche* des Gebirges in der gegebenen Höhe noch vorhanden ist. — Dürften wir die mittlere Wärme eines Ortes in den Alpen mit Vernachlässigung der übrigen regelmäſsigen und unregelmäſsen Störungen ausschlieſslich als Function der Oberfläche, welche der Besonnung dargeboten ist, betrachten, so müſste es auf einem Gipfel kälter seyn, als auf einem Plateau von gleicher Höhe, ja auf dem letzteren in den centralen Theilen wärmer als an den Rändern; eine Folgerung, welche sich an vielen der mitgetheilten Stationen bestätigt, obgleich das Verhältniſs zwischen der Erwärmung und der Oberfläche noch durch manche andere Umstände modificirt wird [1]).

Auch die *Abnahme* der Temperatur mit der Höhe muſs also dadurch wesentlich verändert werden, daſs eine horizontale Fläche (parallel der Basis) in verschiedenen Höhen durch die Alpen gelegt, nach oben immer weniger feste Massen durchschneidet. Mit der mehr oder minder raschen Abnahme der Massenhaftigkeit des Gebirges würden die Veränderungen in der Temperaturabnahme noch directeren Zusammenhang zeigen, wenn nicht diese Gesetzmäſsigkeit durch Einflüsse verschiedener Art beeinträchtigt würde, welche entweder die wirklich vorhandene Differenz vermindern, oder sogar eine Zunahme mit der Höhe herbeizuführen trachten; — wir werden die wichtigsten dieser Störungen sogleich kennen lernen.

Erkältende Ursachen, welche mehr in den höheren Re-

1) Einzelne Annahmen, bei denen wegen der geringen verticalen Erhebung der aufsteigende Luftstrom sich bemerkbar macht, werden wir in Folge näher bezeichnen.

Regionen wirken, sind ebenfalls vorhanden; auch sie vereinen sich mit der gröfseren Erwärmung der Tiefe, die Temperaturabnahme mit der Höhe hervorzubringen. So wird die niedere Temperatur des Weltraumes [1]) dazu beitragen, die oberen Schichten der Atmosphäre zu erkälten. Die Wirkung dieses Einflusses wird aber etwas beschränkt, theils durch die geringe Leitung der Atmosphäre für Wärme, theils dadurch, dafs dem Niedersinken erkälteter Luftmassen eine Gränze da gesetzt ist, wo sie Schichten von gleicher Dichtigkeit erreichen. Die Erkältung des Bodens und der Luft durch *fortgesetzte* Strahlung während langer, heiterer Nächte wird ebenfalls dahin wirken, die Kälte in der Höhe zu vermehren, indem die Strahlung nach den Versuchen von Dulong und Petit [2]) im luftleeren, also auch im verdünnten Raume, lebhafter ist.

Zu den Störungen gehören vorzüglich das *Aufsteigen* der erwärmenden Luft im Sommer, das *Niedersinken* der erkaltenden im Winter. Die Wärmebindung durch Ausdehnung der Luft, oder umgekehrt die Wärmeabgabe durch Compression, welche mit dem Ortswechsel in verticaler Richtung stets verbunden ist, wird theilweise beitragen, die Wirkung verticaler Strömungen zu mildern.

Sehr wichtig für die Vertheilung der Wärme nach der Höhe ist die *Richtung der Winde,* indem diese aus entfernteren Gegenden kommend sehr häufig Temperaturen besitzen, die von den örtlichen unabhängig, diese plötzlich und bedeutend verändern. Gröfsere Höhenunterschiede zwischen zwei verglichenen Orten haben oft zur Folge, dafs beide gleichzeitig von verschiedenen, übereinander sich bewegenden Strömungen von ungleicher Temperatur getroffen werden [3]). Wenn auch im Laufe eines oder mehrere Jahre

1) Fourier giebt dieselben zu — 50 bis — 60° C. Pouillet's Untersuchungen ergeben — 140°; sie zeigen, wenn auch die angeführte Gröfse nicht mit aller Schärfe bestimmbar ist, wenigstens die aufserordentlich niedere Temperatur mit grofser Sicherheit.

2) *Annales de Chimie VII.*, 225.

3) Die westlichen Winde sind im Sommer kälter, im Winter wärmer als die östlichen. Kämtz Meteor. II., S. 39.

diese Störungen sich ausgleichen, so können sie doch für die Vertheilung der Wärme in kürzeren Perioden von gröfserem Einflusse seyn [1]).

Eine andere Ursache, welche weit regelmäfsiger dazu beiträgt, die Temperatur der höheren Regionen verhältnifsmäfsig zu warm zu machen, ist die *Condensation der atmosphärischen Feuchtigkeit*. Die Wolkenbildung ist für die höchsten Thäler und die Gipfel der Alpen eine Wärmequelle, für welche die tieferen Punkte im Allgemeinen keinen Ersatz haben. Auch der Niederschlag in fester Gestalt ist gegenüber dem Regen, der ihn so oft in den tieferen Regionen vertritt, bisweilen eine nicht unbedeutende, wenn auch nur momentane Wärmequelle. Die Menge und die Vertheilung der Niederschläge verändert ebenfalls die Temperatur, indem das Vorherrschen von Sommer- oder Herbstregen ganz verschieden auf das Klima einwirkt. Diese Störung bezieht sich aber in einem Gebirge mehr auf die Lage im Süden, Osten oder Westen, als auf die verticale Erhebung.

Jene Ursache, welche die Form der Isothermenlinien an der *Oberfläche* der Erde bestimmen, sind in Alex. v. Humboldt's „*Asie centrale*“ [2]) nach ihren „positiven und negativen Vorzeichen“ mit solcher Klarheit und Vollständigkeit zusammengestellt, dafs wir sie wohl in Kürze hier anführen dürfen, zunächst um sie mit jenen Umständen zu vergleichen, welche am meisten auf die Veränderung der Höhenisothermen einwirken. Als die Temperatur erhöhende Umstände sind nach v. Humboldt zu betrachten: „Die Nähe einer Westküste in der gemäfsigten Zone, die Configuration eines Continentes, welcher Halbinseln und Binnenmeere zeigt; die Stellungs-Verhältnisse eines Theiles des Continentes, entweder zu einem eisfreien Meere, wel-

1) In einzelnen Fällen läfst sich nicht selten ein mächtiger Gebirgszug, der den Wind nach aufwärts ablenkt, als Gränze solcher Störungen erkennen. — Regelmäfsiger sind die Störungen in der Abnahme durch aufsteigende (warme) oder niedersenkende (kalte) Luftströme; wir werden Gelegenheit haben, ihren Einflufs an einigen speciellen Beispielen zu prüfen.

2) *Mahlmanns* Ausgabe, Bd. II., S. 84.

ches sich über den Polarkreis hinaus erstreckt, oder zu einer Masse continentalen Landes von beträchtlicher Ausdehnung, welches zwischen denselben Meridianen unter dem Aequator oder in einem Theile der tropischen Zone liegt; ferner das Vorherrschen von Süd- und Westwinden im westlichen Ende eines Continentes der gemäfsigten Zone; *Gebirgsketten, die gegen Winde, welche aus kälteren Gegenden wehen, als Schutzmauer dienen; die Seltenheit von Sümpfen und der Mangel von Wäldern* auf einem trockenen Sandboden; endlich die stete Heiterkeit des Himmels in den Sommermonaten und die Nähe eines pelagischen Stromes, wenn er Wasser, von einer höheren Temperatur als das umliegende Meer besitzt, herbeiführt". Zu den abkühlenden Ursachen, oder zu jenen mit negativem Vorzeichen zählt Humboldt: „Die Höhe eines Ortes über dem Meeresspiegel, *ohne dafs bedeutende Hochebenen auftreten;* die Nähe einer Ostküste in höheren und mittleren Breiten; die Configuration eines Continentes ohne Küstenkrümmungen, welcher sich nach den Polen hin bis zu dem ewigen Eise, ohne dafs ein offenes Meer dazwischen liegt [1]), erstreckt oder welcher zwischen denselben Meridianen, wie die Gegend, deren Klima untersucht wird, je nach der Benennung der Hemisphäre im Süden oder im Norden ein Aequatorialmeer ohne festes Land hat; *Gebirgsketten, deren Richtung den Zutritt warmer Winde verhindern; oder die Nähe isolirter Gipfel, welche häufig längs ihrer Abhänge herabsinkende Luftströme verursachen; ausgedehnte Wälder, häufiges Vorkommen von Sümpfen,* welche bis in die Mitte des Sommers kleine unterirdische Gletscher bilden, ein nebliger Himmel, der die Wirkungen der Sonnenstrahlen auf ihrem Wege zu dem festen Theile der Erde schwächt; und endlich ein *heiterer Winterhimmel,* der die Wärmeausstrahlung befördert". Ich erlaube mir dabei, jene Momente besonders hervorzuheben, welche auch im Gebiete der Alpen überhaupt ihren Einfluſs geltend machen können.

1) Aehnliche Depressionen durch Schmelzen von Eis, jedoch in geringer Verbreitung, bringen die Gletschermassen in ihrer Umgebung hervor.

Da die Alpen zwischen den Ebenen am südlichen und nördlichen Rande eine geographische Breite von 2,5 Graden einnehmen, so müssen wir bei dem Vergleiche der Temperatur in einzelnen Stationen der Alpen, welche nicht gleiche Breite haben, auch den Einfluſs der letzteren berücksichtigen. Es entspricht am Südrande, in der lombardischen Ebene ein Breitengrad einer Temperaturdifferenz von 0,7 C.[1]), in den mittleren und nördlichen Theilen der Alpen 0,6 bis 0,5°. Diese Bestimmung ist deſswegen schwankend, weil, wie wir sehen werden, viele locale Einflüsse sich vereinen die Temperatur einzelner Gruppen zu verändern. Man darf daher, um die Temperatur-Abnahme mit der Höhe zu beurtheilen, nur nahe gelegene Stationen unter sich vergleichen, und erst dann die Resultate aus einzelnen Gruppen zusammenstellen.

Wir werden die Temperaturabnahme

1) von der Ebene bis 3000 P. F.

2) für gröſsere Höhen

für die Betrachtung trennen, da die groſse Verschiedenheit des Terrains in diesen beiden Unterabtheilungen auch auf die Temperatur-Abnahme wesentlich einwirkt.

Bei gleicher Höhe wächst in den Alpen die Temperatur von Norden nach Süden, noch mehr von Nordost nach Südwesten; eine Erscheinung, welche mit den allgemeinen Formen der Isothermen auch in den Umgebungen der Alpen zusammenfällt, und denselben allgemeinen Ursachen zuzuschreiben ist, wie dort[2]).

1) Schouw *Climat de l'Italie p.* 77.

2) Eine interessante Zusammenstellung der Temperatur der Alpen mit jener in anderen Gebirgen in ihrer Nähe (bei gleicher Höhe) hat Thurmann in seinem *Essai de Phyto-statique T. I. p.* 44 mitgetheilt.

Er geht von der Temperatur des Jura aus, welche er gleich 100 setzt, und findet dann

für den Schwarzwald	92
für die Vogesen	94
für den Jura	100
für die Centralalpen	104
für die westlichen Alpen	121.

(Schluſs im nächsten Heft.)

II. *Ueber den Sättigungspunkt der Elektromagnete; von J. Müller in Freiburg.*

Im 79ten Bande dieser Annalen S. 337 habe ich eine Reihe von Versuchen publicirt, als deren Resultat sich ergab, dafs der Elektromagnetismus keineswegs stets der Stromstärke proportional ist, sondern, dafs bei wachsender Stromstärke der Magnetismus der Eisenstäbe in geringerem Verhältnifs zunimmt, indem er sich allmälig einem absoluten magnetischen Maximum nähert. Diesem Maximum kann man sich bei Anwendung dünner Stäbe schon sehr bedeutend nähern, während bei dickeren Stäben dieses Maximum gleichsam so fern liegt, dafs für sie innerhalb der gewöhnlich angewandten Stromstärken eine Abweichung von der Proportionalität zwischen Magnetismus und Stromstärke noch nicht merklich wird.

Die Beziehung zwischen Stromstärke und Magnetismus habe ich durch die Gleichung

$$p = a d^3 \operatorname{tang} \frac{m}{b d^2}$$

ausgedrückt, in welcher nur zwei constante Factoren a und b vorkommen. Diese Gleichung schliefst sich nun den von mir mitgetheilten 47 Beobachtungen, welche mit vier verschieden dicken Eisenstäben und mit sehr verschiedenen Stromstärken angestellt wurden, so nahe an, dafs ich berechtigt zu seyn glaube, diese Gleichung wirklich für das Gesetz anzunehmen, welches zwischen Stromstärke und Elektromagnetismus stattfindet.

In Liebig's Annalen Bd. LXXV, S. 83 veröffentlichten nun Buff und Zamminer eine Reihe von Versuchen über denselben Gegenstand, in welchen sie das Lenz'sche Gesetz der Proportionalität bestätigt fanden. Da ich in meinem Aufsatz nichts darüber gesagt hatte, dafs ich mich der Weichheit des Eisens versichert hatte, so lag allerdings die Vermuthung nahe, dafs vielleicht die Coërcitiv-

kraft des Eisens einen Einfluſs auf meine Versuche gehabt haben möge. Daſs aber eine solche störende Ursache wenigstens nicht in merklichem Maafse gewirkt habe, dafür spricht nach meiner Meinung. die groſse Regelmäſsigkeit meiner Resultate.

Die Magnetisirungsspirale, mit welcher ich experimentirt hatte, war 532^{mm} lang, die Buff'sche nur 86^{mm}.

Ich hatte unterdessen meine Versuche fortgesetzt und statt der Bussole, mit der ich ursprünglich die Stärke des Stabmagnetismus gemessen hatte, ein Magnetometer angewandt. Die Resultate dieser Vorsicht bestätigten vollkommen meine früheren. Auſser der Spirale von 532^{mm} waren hier auch noch mit einer zweiten von 300^{mm} Länge und vier dazu gehörigen Stäben Versuche angestellt. Dadurch war es nun möglich, auch den Einfluſs der Längendimensionen wenigstens annähernd in Rechnung zu bringen und so ergab sich, daſs Buff mit der kürzeren Spirale bei den von ihm angewandten Stromstärken noch keine Abweichung von der Proportionalität erhalten konnte.

Um jedoch jeden Zweifel zu entfernen, unternahm ich noch eine dritte Versuchsreihe, bei welcher auch eine Spirale von 153^{mm} Länge angewandt wurde. Die ersten Versuche, die ich mit dem Magnetometer angestellt und die nebst den daraus gezogenen Resultaten in meinem „*Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik*“ S. 502 u. f. ausführlich mitgetheilt sind, sind noch vielfach mangelhaft. Die Ungenauigkeit, an welcher sie leiden, hat jedoch nur einen Einfluſs auf die Genauigkeit der Factorenbestimmung, keineswegs aber auf das Wesentlichste des von mir ausgesprochenen Gesetzes. Um bei dünneren Stäben mit starken Strömen die Abweichung vom Lenz'schen Gesetz der Proportionalität und die Annäherung an ein absolutes magnetisches Maximum nachzuweisen, ist keineswegs eine besondere Genauigkeit nöthig, es reichen dazu schon ganz rohe Versuche hin. Um aber auch die Factoren genauer zu ermitteln und jedem Einwand zu begegnen, bemühte ich mich jetzt eine gröſsere Genauigkeit zu erreichen. Ich

wandte zwar dasselbe Magnetometer an, welches mir auch früher gedient hatte, allein es wurde zweckmäfsiger aufgehängt und mit einem kupfernen Dämpfer umgeben, so dafs nach jeder Aenderung seiner Lage die Schwingungen rasch abnahmen und bis auf eine Schwingungsweite von 2 bis 3 Theilstrichen herabgebracht wurden. So war es denn möglich die Ablesungen rasch nach einander vorzunehmen, wodurch eine bedeutende Fehlerquelle der früheren Versuche vermieden wurde.

Was die Beobachtungsweise betrifft, so darf ich wohl auf die angeführte Stelle meines „Berichtes" verweisen und sogleich zu den Beobachtungsresultaten selbst übergehen, welche in den folgenden Tabellen zusammengestellt sind.

Spirale No. I. 15,5$^{cent.}$ lang. 310 Windungen.

a.		*b.*			
T.	*M.*	*T.*	*M.*	*s.*	*m.*
		Ohne Eisen.			
42°	37,6	43	40,3	0,916	1,35
20,9	38,45	21,5	39,55	0,388	0,55
		Stab No. III. $l=16{,}7^{cm}$ $d=2{,}9^{mm}$.			
45,0	37,6	46,7	41,2	1,039	0,30
0	39,45	0	39,45	0	0
39,5	37,85	40,2	40,9	0,834	0,33
22,3	38,4	22,4	40,2	0,411	0,31
10,5	38,8	11	39,9	0,190	0,27
		Stab No. II. $l=16{,}7^{cm}$ $d=6^{mm}$.			
0	39,2	0	39,2	0	0
10,2	38,2	11,2	40,2	0,189	0,73
14,1	37,8	14,0	40,45	0,250	0,96
0	39,1	0	39,1	0	0
22,2	37,3	23,0	41	0,416	1,26
39,0	36,4	39,8	41,75	0,821	1,50
44,0	36,0	45,0	42,05	0,983	1,62
0	38,9	0	38,9	0	0
		Stab No. I. $l=16{,}7^{cm}$ $d=12{,}1$.			
0	39	0	39	0	0
44,0	32,35	44,75	45,4	0,975	5,13
38,0	33,5	39,1	44,35	0,797	4,29
21,1	36,35	22	41,6	0,395	2,06
0	38,9	0	38,9	0	0
13,8	37,3	13,25	40,7	0,240	1,36
10,2	37,7	10,8	40,25	0,185	1,00

Spirale No. II. 30cent. lang. 380 Windungen.

a.		b.			
T.	M.	T.	M.	s.	m.
		Stab No. I. $l=33^{cm}$. $d=44{,}5^{mm}$.			
37,7	8,5	40,25	72,4	0,809	30,6
20	24,8	19,8	52,55	0,362	13,26
9,9	32,1	9,4	45,5	0,170	6,41
0	38,9	0	38,0	0	0
*0	38,85	0	38,85	0	0
		Stab No. II. $l=33^{cm}$. $d=22{,}8^{mm}$.			
10	33,7	9,5	44,2	0,172	4,96
20	28,0	20,5	50,0	0,369	10,38
32	19,8	30,5	56,7	0,607	17,42
46,5	6,8	45,5	71,0	1,035	30,37
		Stab No. III. $l=33^{cm}$ $d=15^{mm}$.			
0	40,12	0	40,12	0	0
10,25	36,55	9,8	44,15	0,176	3,50
14,10	34,82	13,4	45,5	0,245	4,93
22,0	31,45	22,0	48,8	0,404	8,00
41,4	22,6	41,0	57,5	0,875	15,98
47,7	20,8	46,5	59,2	1,076	17,50
0	40,15	0	40,15	0	0
*0	40,05	0	40,05	0	0
		Stab No. IV. $l=33^{cm}$ $d=6^{mm}$.			
4,8	35	46,7	45,0	1,085	3,20
22,4	36,1	22,6	43,5	0,414	3,00
44,7	44,4	46,5	34,5	1,021	3,23
39,5	43,85	37,7	35,1	0,798	3,12
13,2	42,4	13,7	36,6	0,239	2,50
10,5	42,2	10,6	37,2	0,186	2,09
		Ohne Eisen.			
47	37,1	45	40,6	1,035	1,75

Spirale No. III. 53,2cent. lang. 408 Windungen.

		Ohne Eisen.			
46,9	39,15	47,9	40,2	0,913	1,05
		Stab No. I. $l=58{,}8^{cm}$ $d=12^{mm}$.			
48,5	59,7	49,5	19,8	1,150	18,74
41,9	58,9	43	20,41	0,915	18,28
22,4	55,8	22,6	23,85	0,414	15,54
14,3	51,5	14,6	27,95	0,258	11,50
10,5	48,55	10,9	30,80	0,189	8,67

Spirale No. III. 53,2cent. lang. 408 Windungen.

a.		b.			
T.	M.	T.	M.	s.	m.
Stab No. II. $l=58{,}8^{cm}$ $d=9^{mm}$.					
10,4	47,4	10,9	32,65	0,188	7,17
14,0	48,75	14,6	30,5	0,235	8,85
21,8	49,95	22,9	28,9	0,411	10,09
41,3	51,40	42,2	27,5	0,892	11,01
47,0	51,80	48,4	27,2	1,099	11,15
Stab No. III. $l=58{,}8$ $d=7{,}1^{mm}$.					
47,7	31,7	46,2	47,4	1,070	6,73
22,5	32,5	22,6	46,75	0,415	6,68
10,8	33,7	10,5	43,4	0,188	4,65
0	39,1	0	39,1	0	0
*0	39,7	0	39,7	0	0

Zur Erläuterung dieser Tabelle habe ich nur noch kurz folgendes zu sagen. Die beiden Columnen unter *a* enthalten die zusammengehörigen Ablesungen der Temperaturbussole *T* und des Magnetometers *M* für die eine, die Columnen unter *b* enthalten die entsprechenden Werthe von *T* und *M* für die entgegengesetzte Stromrichtung.

Unter *s* steht die trigonometrische Tangente des Winkels, welcher das Mittel ist zwischen den beiden in gleicher Horizontalreihe stehenden Werthen von *T*. Unter *m* steht dann der entsprechende Werth des Stabmagnetismus gemessen durch die Gröfse der Ablenkung, welche der magnetisirte Stab am Magnetometer bewirkte. Die Magnetometerscale ist in Millimeter getheilt, die erste Decimalstelle der Werthe von *m* drückt Millimeter aus.

Um ein recht klares Bild von den Beziehungen zwischen Stromstärke und Stabmagnetismus zu geben, habe ich die in obigen Tabellen enthaltenen Beobachtungsresultate auf Taf. II. auch graphisch dargestellt. Die Abscissen sind der Stromstärke, die Ordinaten sind dem entsprechenden Stabmagnetismus proportional, und zwar entspricht jedes Millimeter der Ordinate auch einem Millimeter der Magnetometerscale, während bei den Abscissen 1 Millimeter den Werth $b=0{,}01$ darstellt. Fig. 1 stellt die der kürzesten,

Fig. 2 die mit der mittleren, Fig. 3 die mit der längsten Spirale angestellten Versuche dar; die Nummern des Stabes, welchen eine Curve entspricht, ist derselben beigesetzt.

Meine Behauptung ist durch diese Curven so entschieden ausgesprochen, dafs sie wohl keiner weitern Auseinandersetzung bedürfen.

Durch diese Versuche habe ich also abermals den experimentellen Beweis für eine Wahrheit geliefert, welche sich eigentlich von selbst versteht; denn welche Vorstellung man auch von dem Wesen des Magnetismus in einem Eisenstabe annehmen mag, so ist doch ein Wachsthum des Magnetismus bis ins Unendliche nicht denkbar. Nach der Ampère'schen Vorstellung z. B. ist das mögliche magnetische Maximum in einem Eisenstabe erreicht, wenn sämmtliche Elementarströme, welche die Eisenpartikelchen umkreisen, einander parallel sind.

Eine ganz besondere Sorgfalt wendete ich bei dieser Versuchsreihe darauf, mich zu überzeugen, dafs nicht etwa die Coërcitivkraft des Eisens, welche sich der Magnetisirung gleichsam widersetzt und den einmal erzeugten Magnetismus des Eisens, wenigstens theilweise, zurückzuhalten strebt, keinen merklichen Einflufs auf die Versuchsresultate habe. Die Eisenstäbe, vom besten badnischen Eisen, waren sorgfältig ausgeglüht und in der Asche erkaltet. Nach Beendigung einer Versuchsreihe aus der Spirale herausgenommen und in Eisenfeile getaucht, blieb derselbe nicht hängen; nur bei dem Stab No. III. der längsten Spirale haftete an dem scharfen Rande des einen Stabendes ein feiner Ring von Eisenfeilen; in diesem Stabe war also die Wirkung der Coërcitivkraft des Eisens merklich.

Eine weitere Vorsichtsmafsregel bestand darin, dafs nach einigen Versuchen die Kette geöffnet, und das Magnetometer abgelesen wurde, während kein Strom durch die Spirale ging. Die Stellung, welche das Magnetometer jetzt einnahm, war nahezu das Mittel aus den beiden zuletzt gemachten Ablesungen, wie man in den obigen Tabellen ersehen kann, und daraus läfst sich schliefsen, dafs die Coër-

citivkraft keinen merklichen Einfluſs ausgeübt habe. Um noch sicherer zu seyn, wurde später nach einer solchen Ablesung der Stab umgekehrt und nochmals ohne Strom abgelesen, wobei sich fast ganz genau derselbe Stand ergab, wie bei der vorigen Ablesung. Die mit * bezeichneten Beoachtungen der obigen Tabelle sind solche, bei denen diese Umkehrung des Stabes stattfand.

Bei dem dünnsten Stabe der langen Spirale, welche auch bei der Probe mit Eisenfeilen einen Rest von Magnetismus gezeigt hatte, finden wir hier zwischen den beiden Ablesungen, welche den beiden Stablagen entsprechen, eine Differenz von 6 Theilstrichen, durch den Einfluſs des zurückgebliebenen Magnetismus ward also das Magnetometer um einen Winkel aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt, welchem 3 Millimeter der Scale entsprechen. Dieſs giebt uns ein Mittel ungefähr den Einfluſs der Coërcitivkraft in diesem Stabe zu beurtheilen, und uns zu überzeugen, daſs wenn er auch die mit diesem Stabe erhaltenen Resultate ungenau macht, doch auch nicht entfernt daran gedacht werden kann, daſs dieser Umstand die Abweichung von der Proportionalität veranlaſst habe.

Für die Stromstärke 0,188 finden wir bei diesem Stabe den Magnetismus gleich 4,65. Bliebe der Magnetismus der Stromstärke proportional, so müſste die Stromstärke 1,07 dem Magnetismus 26,4 entsprechen, während wir ihn nur gleich 6,73 gefunden haben; hier ist also zwischen dem Werth wie ihn das Gesetz der Proportionalität erfordert eine Differenz 26,4 — 6,73, eine Differenz von 196,7 Millimetern; während der im Stabe restirende Magnetismus nur eine Ablenkung des Magnetometers um 3 Millimeter bewirkt.

Zu demselben Resultate, daſs es für jeden Eisenstab einen magnetischen Sättigungspunkt geben müsse, ist auch v. Feilitzsch in einer Untersuchung gelangt, welche von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend nach einer ganz anderen Methode ausgeführt wurde. (Diese Annalen Bd. LXXX. S. 321.) Also auch von dieser Seite eine Bestätigung meiner Behauptung.

Es bleibt nun noch übrig die neu gefundenen Resultate mit meiner Formel zu vergleichen und die Constanten der Gleichung nach derselben zu bestimmen, was ich mir demnächst auszuführen vorbehalte.

Freiburg im November 1850.

III. *Die Theorie der Farben dünner Blättchen; von E. Wilde.*

(Schluſs von Seite 41.)

Unter dem *Intervall der Anwandlungen* (*interval of Fits, intervallum vicium*) eines homogenen Strahles versteht Newton die Differenz der Tiefen einer Luftlamelle (oder auch eines jeden anderen dünnen Blättchens), bei denen der Strahl, senkrecht einfallend, aus dem Zustande der leichteren Reflexion oder Transmission wieder in diesen Zustand zurückkehrt [1]). In Folge der unter (4) angegebenen Gleichungen (Seite 34) ist diese Differenz für die reflectirten hellen Ringe $= \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{5\lambda}{4} - \frac{3\lambda}{4} \ldots = \frac{\lambda}{2}$, und eben so für die reflectirten dunklen $= \frac{4\lambda}{4} - \frac{2\lambda}{4} = \frac{6\lambda}{4} - \frac{4\lambda}{4} \ldots = \frac{\lambda}{2}$, *das Intervall der Anwandlungen eines homogenen Strahles also im Sinne der Undulationstheorie mit seiner halben Wellenlänge übereinstimmend.* Für das äuſserste Roth im ersten Ringe und $r = 0°$ fand Newton, wie gesagt (Seite 41), die mittlere Lufttiefe = 6,34 Milliontel Zoll. Für den zweiten Ring in dieser Farbe ist sie also $= 3 \times 6{,}34 = 19{,}02$ Milliontel Zoll, mithin das Intervall für das äuſserste Roth $= 19{,}02 - 6{,}34 = 12{,}68$ Milliontel Zoll, und die Wellenlänge für diese Farbe $= 2 \times 12{,}68$ Milliontel Zoll $= 0{,}0000254$ Zoll $= 0{,}000645$ Millimeter.

1) *Opt. lib. II. pars* 3, *propos.* 12.

Will man hieraus die Zahl der Undulationen berechnen, welche dieser Strahl in einer Sekunde macht, die Zahl Z nämlich, die angiebt, wie oft seine Wellenlänge in dem Wege des Lichtes während einer Sekunde enthalten ist, so hat man, da nach Struve's neuesten Beobachtungen [1]) dieser Weg = 41513 deutschen Meilen, und eine deutsche Meile = 7407000 Millimetern:

$$Z \times 0{,}000645 = 41513 \times 7407000, \text{ und}$$
$$Z = 476 \text{ Billionen.}$$

Die Wellenlängen der prismatischen Farben, wie sie sich aus den Messungen Newton's ergeben, sind in der hier folgenden Tabelle zusammengestellt: [2])

Farbe.	Wellenlänge in der Luft in Englischen Zollen.	Wellenlänge in der Luft in Millimetern.	Anzahl der Undulationen in einer Sekunde.
Aeufserstes Roth	0,0000 254	0,000 645	476 Billionen
Mittleres Roth	244	620	496
Gränze zwischen Roth und Orange	235	596	515
Mittleres Orange	229	583	527
Gränze zwischen Orange und Gelb	225	571	538
Mittleres Gelb	217	551	558
Gränze zwischen Gelb und Grün	209	532	578
Mittleres Grün	201	512	600
Gränze zwischen Grün und Blau	194	492	624
Mittleres Blau	187	475	647
Gränze zwischen Blau und Indigo	180	459	669
Mittleres Indigo	176	449	684
Gränze zwischen Indigo und Violett	173	439	700
Mittleres Violett	166	423	727
Aeufserstes Violett	160	406	757

1) »Kosmos« von v. Humboldt, Th. I. S. 160.

2) Newton selbst hat die Intervalle der prismatischen Farben nicht berechnet. Für die Gränzen der Farben sind sie nach Newton's Messungen von Biot zuerst in Englischen Zollen bestimmt (*Traité de Phys. tom. IV, pag.* 109). In Millimetern ist die Tafel von Fresnel berechnet (diese Ann. Bd. 3, S. 114). Die Wellenlängen für die

Die genauesten an den Beugungserscheinungen angestellten Messungen dieser Wellenlängen sind die von Fraunhofer, der sie für die sieben dunklen Linien *B*, *C*... des Spectrums folgendermafsen angiebt [1]):

für *B* ...	0,00002541	Par.	Zoll	=	0,0006879^{mm}
» *C* ...	2422	»	»	=	6559
» *D* ...	2175	»	»	=	5888
» *E* ...	1945	»	»	=	5265
» *F* ...	1794	»	»	=	4856
» *G* ...	1587	»	»	=	4296
» *H* ...	1464	»	»	=	3963.

Die Linie *D* gehört ungefähr dem mittleren Orange an, die Linie *G* ungefähr dem mittleren Indigo, und die Linie *H* ungefähr dem mittleren Violett. Zwischen den Messungen Newton's und Fraunhofer's sind also die Differenzen nicht so bedeutend, wie man es bei der unvollkommenen Beobachtungsweise Newton's, der seine Messungen nur mit einem Cirkel und mit unbewaffnetem Auge anstellte, und sich dabei von seiner Ansicht über die Analogie zwischen den Farben und Tönen leiten liefs, erwarten könnte.

Die obige Tabelle zeigt, dafs die Wellenlänge des rothen Lichtes beinahe um den vierten Theil gröfser, und die des violetten um den vierten Theil kleiner ist, als die des gelben, dafs der Unterschied in der Länge der Wellen, wie 254:160 oder wie 1,59:1, und dafs umgekehrt der Unterschied in der Zahl der Undulationen wie 476:757

mittleren Farben in Englischen Zollen und die vierte Columne für die Anzahl der Undulationen in einer Sekunde sind von mir hinzugefügt. Die von J. Herschel (»Vom Lichte« in der Uebersetzung von Schmidt S. 307) angegebenen Zahlen weichen von denen der obigen Tabelle nicht unerheblich ab. So ist bei Herschel z. B. die Wellenlänge des äufsersten Roth = 0,0000266, die der Gränze zwischen Roth und Orange = 0,0000246, die des mittleren Gelb = 0,0000227 Englischen Zollen u. s. w. Wie er zu diesen Zahlen gekommen sey, hat er selbst nicht angegeben. Ausführlicher habe ich diesen Gegenstand behandelt in meiner »Geschichte der Optik« Th. II. S. 92 u. d. f.

1) Gilbert's Ann. Bd. 74, S. 359.

oder wie 1:1,59 sich verhalte, sich daher kaum auf eine Octave erstrecke, während der Unterschied in den Tönen, die das Ohr wahrzunehmen vermag, neun Octaven umfafst. Das Ohr ist daher viel empfänglicher für die Schwingungen der Luft, als das Auge für die des Aethers. Diejenigen Lichtstrahlen, für welche die Nervenhaut unempfänglich ist, die also in einer Sekunde weniger Undulationen, als die rothen, und mehr als die violetten machen, offenbaren sich uns nur durch ihre Wärme und ihre chemischen Wirkungen.

Da aus den unter (4) angegebenen Gleichungen (Seite 34) folgt, dafs bei demselben Werthe von r, bei derselben Incidenz der Strahlen also die Tiefe d der Lamelle, bei welcher eine bestimmte Farbe erscheint, lediglich von der Wellenlänge λ dieser Farbe abhängt, und da jeder anderen Farbe eine andere Wellenlänge zukommt, die längste den rothen und die kürzeste den violetten Strahlen: so sind deshalb die Ringe der brechbareren Farben enger, als die gleichvielten der weniger brechbaren.

Aus eben jenen Gleichungen erklärt sich endlich noch eine andere, schon von Newton gemachte Beobachtung [1]). Brachte er einen Wassertropfen zwischen die Gläser, so waren die Halbmesser der gleichvielten Ringe im Verhältnifs von 7:8 kleiner als in einer Luftlamelle, so dafs die Tiefen einer Wasser- und Luftlamelle das Verhältnifs von 49:64 oder beinahe 3:4 haben, *dafs sie also im Brechungsverhältnisse aus dem Wasser in die Luft stehen.* Für eine Lamelle nämlich, welche die Lichtstrahlen stärker bricht, als die umgebende Luft, ist der Phasenunterschied der interferirenden Bündel $= 2\pi \frac{2nd\cos r}{\lambda}$ (Seite 29), in Folge der Gleichungen (4) also die Tiefe der Wasserlamelle z. B. für den dritten hellen Ring $= \frac{5\lambda}{4n\cos r} = \frac{3}{4} \times \frac{5\lambda}{4\cos r}$, wenn λ die Wellenlänge in der Luft und $n = \frac{4}{3}$ der Brechungsexponent aus der Luft in das Wasser ist, während die Tiefe

1) *Opt. lib. II. pars* 2.

der Luft für diesen Ring den Werth $\frac{5\lambda}{4\cos r}$ hat. Beide Tiefen, wie sie sich aus der Undulationstheorie ergeben, entsprechen daher den Beobachtungen.

Wendet man nicht homogenes z. B. rothes, sondern *weifses* Licht an, so werden die Ringe nicht abwechselnd roth und dunkel, sondern verschiedenfarbig seyn, weil an den Stellen, wo die Minima für die rothe Farbe sind, die übrigen im weifsen Lichte enthaltenen Farben nach dem Verhältnifs ihrer Wellenlängen vorherrschen, da für denselben Werth von r die Tiefe einer Lamelle, bei welcher eine bestimmte Farbe erscheint, nur von der Wellenlänge dieser Farbe abhängt.

Die gemischte reflectirte Farbe, die eine Luftlamelle für eine gegebene Tiefe zeigt, läfst sich am leichtesten mit Hülfe der obigen Tabelle durch eine graphische Darstellung bestimmen. Da für die Maxima der reflectirten homogenen Ringe die Quadrate der Halbmesser (Fig. 2 Taf. I.):

$$af^2 = 2\varrho.d = 2\varrho\,\frac{\lambda}{4\cos r},\ = 2\varrho\,\frac{3\lambda}{4\cos r},\ = 2\varrho\,\frac{5\lambda}{4\cos r}\ldots,$$

und für die Minima die Quadrate der Halbmesser:

$$af^2 = 2\varrho.d = 2\varrho\,\frac{2\lambda}{4\cos r},\ = 2\varrho\,\frac{4\lambda}{4\cos r},\ = 2\varrho\,\frac{6\lambda}{4\cos r}\ldots$$

gefunden sind (Seite 34), so haben die Halbmesser der auf einander folgenden hellsten und dunkelsten Ringe nicht allein für verschiedene Farben eine verschiedene Länge, für die rothen Strahlen die gröfste, und für die violetten die kleinste, sondern es folgen auch selbst für eine und dieselbe Farbe die hellsten und dunkelsten Ringe nicht in gleichen Abständen auf einander; es verhalten sich vielmehr die Entfernungen der abwechselnd hellsten und dunkelsten Stellen von dem Berührungspunkte a der Gläser, wie $\sqrt{1}:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\sqrt{4}:\sqrt{5}\ldots = 1:1{,}414:1{,}732:2:2{,}236\ldots$ So ist z. B. für $\varrho = 200$ Zoll Engl. und $r = 0^\circ$ der Halbmesser des ersten hellen Ringes für die mittleren rothen Strahlen $= \left[400\,\frac{0{,}0000244}{4}\right]^{\frac{1}{2}} = 0{,}0494$ Zoll, derselbe Halbmesser für die

die mittleren gelben $= \left[400\,\frac{0{,}0000217}{4}\right]^{\frac{1}{2}} = 0{,}0466$ Zoll, und für die mittleren violetten Strahlen $= \left[400\,\frac{0{,}0000166}{4}\right]^{\frac{1}{2}} =$ 0,0407 Zoll. Diese Halbmesser nebst den übrigen für die ersten Maxima trage man in ihrer *verhältnifsmäfsigen Gröfse* und die folgenden im Verhältnifs der obigen Quadratwurzeln auf die horizontalen Linien (Fig. 4 Taf. I.) *RR, OO..:.*, den Halbmesser des ersten Maximums der mittleren rothen Strahlen von *R* bis *a*, den des ersten Minimums von *R* bis *b*..., den des ersten Maximums der mittleren orangefarbenen Strahlen von *O* bis *c*, den des ersten Minimums von *O* bis *d*..., und stelle die zu- und abnehmenden Intensitäten durch die senkrechten Ordinaten der über den horizontalen Linien gezeichneten Curven vor. Sollte dann z. B. die Mischfarbe bestimmt werden, die bei der Tiefe der Luftschicht entsteht, bei welcher die mittleren gelben Strahlen in *e* ihr zweites Minimum haben, also bei der Tiefe $\lambda = 0{,}0000217$ Zoll: so wird die in *e* auf *GG* errichtete Senkrechte *gh* die Intensitäten aller Farben bestimmen, die bei dieser Tiefe der Luftlamelle zur Erzeugung der Mischfarbe mitwirken. Die Senkrechte *gh* aber zeigt, dafs diese Farbe durch blaue Strahlen in der Nähe des Maximums, durch rothe, einige orangefarbene, grüne und violette entstehe, dafs sie folglich röthlichblau seyn werde [1]).

Da die Abstände, in denen die Maxima und Minima auf einander folgen, um so kleiner werden, je weiter sie von der Berührungsstelle der Gläser entfernt sind, je tiefer also die Luftschicht wird: so geht aus eben dieser Figur auch hervor, dafs die für gröfsere Tiefen der Schicht auf *RR* errichteten Senkrechten durch die Maxima mehrerer

1) Dafs die Figur nicht blofs für ein Plan- und Convexglas mit beliebigen WVerthen von ϱ und r, sondern auch für zwei Convexlinsen gültig sey, ergiebt sich daraus, dafs alle Linien in derselben nur in ihrer verhältnifsmäfsigen Gröfse genommen sind. — Nach der Berührungsstelle der Gläser hin ist den Intensitätscurven eine geringe Neigung gegeben worden, weil hier einige Strahlen mehr, als in den anderen Maximis durchgelassen werden (S. 40).

Farben zugleich gehen, dafs daher für solche Tiefen eine Sonderung des Tageslichtes in Farben nicht möglich sey, *so wie überhaupt im weifsen Lichte eine Interferenz-Erscheinung nur dann sichtbar werden kann, wenn die interferirenden Strahlen einen kleinen Gangunterschied haben.* Anders verhält es sich bei der Anwendung homogenen Lichtes, weil hier nirgends die Maxima verschiedener Farben zusammenfallen können. Daher kommt es auch, dafs im Tageslichte nur eine kleine Zahl von Ringen deutlich erkennbar ist, während man im homogenen Lichte, man mögte sagen, eine unzählige Menge von Ringen wahrnimmt, weil bei grofsen Gläsern nach ihren Rändern hin die Ringe so dicht an einander liegen, dafs man sie ohne Mikroskop kaum zu unterscheiden vermag.

Dafs hierdurch auch die verschiedenen Farben erklärt sind, die man im reflectirten Tageslichte an den Seifenblasen und an allen anderen Lamellen wahrnimmt, bedarf wohl kaum der Erinnerung.

Die durchgelassenen Farben.

Es ist schon bei dem reflectirten Lichte nachgewiesen worden, dafs der nach der Einfallsebene polarisirte Strahl (Fig. 1 Taf I.) gqm mit der Lichtstärke $(1-\alpha)\alpha'$ in m ankommt (Seite 27). Von dieser Intensität wird der Theil α' in m abermals nach v reflectirt, und hiervon der Theil $1-\alpha'$ in v durchgelassen, so dafs $(1-\alpha)(1-\alpha')\alpha'^2$ die Intensität des an der Stelle v in der Richtung vw durchgelassenen Strahles ist, der mit dem in der Richtung gqw direct durchgelassenen und gleichfalls nach der Einfallsebene polarisirten, dessen Intensität nach zweimaliger Brechung in g und q den Werth $(1-\alpha)(1-\alpha')$ hat, interferiren kann.

Wird die Wellenlänge im Glase wieder $=\lambda'$, der Brechungsexponent aus der Luft in das Glas wieder $=n$ gesetzt, und die Linie vt senkrecht gegen qw gezogen: so enthält der im Glase zurückgelegte Weg qt des direct

durchgelassenen Strahles $\frac{qt}{\lambda'}=\frac{n.qt}{\lambda}$ Wellenlängen in der Luft, und es haben daher die beiden homogenen Bündel $gqmv$ und gqt den Gangunterschied

$$\frac{gq+qm+mv-(gq+n.qt)}{\lambda}=\frac{qm+mv-n.qt}{\lambda},$$

der eben so grofs, wie bei dem reflectirten Lichte, also $=\frac{2d\cos r}{\lambda}$ ist, weil $qt=gk$ (Seite 28). *Eine Umkehrung der Aetherschwingungen in dem zweimal reflectirten Bündel $gqmv$ im Vergleiche mit ihrer Richtung in dem direct durchgelassenen gqt ist in diesem Falle nicht möglich.* Denn es ist die Vibrationsintensität des in q zurückgeworfenen Strahles von dem Factor $-\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$, die des im m zurückgeworfenen folglich von dem Factor $\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$ abhängig, der jedenfalls positiv und ohne Einfluſs auf die Schwingungsrichtungen des Aethers ist. Dasselbe gilt auch von dem senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Bündel $gqmv$, indem auch der Factor $\frac{\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}$ unter allen Umständen ein positives Vorzeichen hat. Die Intensität beider interferirenden durchgelassenen Bündel $gqmv$ und gqt, die Summe ihrer Lichtstärken und des doppelten Productes der Quadratwurzeln aus denselben mit dem Cosinus des Phasenunterschiedes beider, ist daher:

$$J'=(1-\alpha)(1-\alpha')+(1-\alpha)(1-\alpha')\alpha'^2$$
$$+2(1-\alpha)(1-\alpha')\alpha'\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda},$$

oder, wenn auch hier nur die erste Potenz der kleinen Gröſsen α und α' beibehalten und $\alpha=\alpha'$ gesetzt wird (Seite 31):

$$(6)\quad J'=1-2\alpha+2\alpha\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}$$
$$=1-2\alpha+2\alpha\left[1-2\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}\right]=1-4\alpha\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}.$$

Für *das durchgelassene Licht* ergeben sich daher aus dieser Gleichung

die Maxima für $d = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r} \cdots,$

und die Minima für $d = \frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r} \cdots,$

weil für die erste horizontale Reihe $J' = 1$ und für die zweite $J' = 1 - 4\alpha$ wird. Da für das reflectirte homogene Licht die Minima Null und die Maxima 4α sind, so ergänzen sich also für dieselbe Tiefe der Lamelle die Minima des reflectirten und die Maxima des durchgelassenen Lichtes oder umgekehrt zur Intensität 1 des einfallenden, d. h. *es ist überall das durchgelassene Licht das complementäre des einfallenden.*

Für die absolute Berührung der Gläser ist aus (5) in der Mitte des Ringsystems die Intensität des reflectirten Lichtes $= 4\alpha \cos^2 2\pi \frac{d \cos r}{\lambda}$, die des durchgelassenen also, weil beide complementär sind, $= 1 - 4\alpha \cos^2 2\pi \frac{d \cos r}{\lambda} = 1 - 4\alpha$, weil dann $d = 0$ und $\cos 0^\circ = +1$ ist.

Wendet man nicht homogenes, sondern *weifses* Licht an, so ist zwar auch in diesem Falle bei derselben Tiefe der Lamelle die Farbe eines durchgelassenen Ringes stets complementär zu der des reflectirten; es sind aber in den durchgelassenen Farben viele weifse Strahlen enthalten. Wäre z. B. eine Stelle in den reflectirten Ringen *roth,* so würde an dieser Stelle die rothe Farbe in den durchgelassenen Ringen fehlen, das durchgelassene Licht also alle im weifsen vorhandenen Farben mit Ausnahme des Rothr enthalten, und daher *grün* seyn, wenn die rothen Strahlen vollständig reflectirt würden. Da sie aber überall nur theilweise zurückgeworfen werden, da sogar ihre reflectirten Maxima nur den Werth 4α, nicht aber den Werth 1 haben: so sind deshalb mit den durchgelassenen grünen Strahlen auch viele rothe gemischt, die mit den grünen sich zu weifsen zusammensetzen. Eben so müfste zu einem *orangefarbenen* reflectirten Ringe ein durchgelassener *blauer,*

und zu einem *gelben* reflectirten ein durchgelassener *violetter* gehören, wenn die Reflexion der orangefarbenen und gelben Strahlen eine vollständige wäre. Da dieſs aber nicht der Fall ist, so enthalten auch die durchgelassenen blauen und violetten Strahlen viele weiſse, worin der Grund der geringen Lebhaftigkeit der durchgelassenen Farben liegt, wenn man weiſses Licht auf die Lamelle fallen läſst. Lebhafter sind im Allgemeinen die reflectirten Farben, besonders aber die vom ersten rothen Ringe in (Fig. 4 Taf. I.) a bis zum scharlachfarbenen in k, und von diesem bis zum bläulichrothen in m, weil innerhalb dieser Gränzen die Ringe durch das Maximum einer einzigen Farbe bestimmt werden.

Intensitätsformeln für die Newton'schen Ringe, wenn man unendlich viele Reflexionen und Brechungen des einfallenden Lichtes annimmt.

Nicht um noch andere Gesetze, als es die aus den Gleichungen (3) und (6) bereits abgeleiteten sind, finden zu können, sondern lediglich der Vollständigkeit der Theorie wegen möge hier noch die Entwickelung der Intensitätsformeln für die Bedingung folgen, daſs die einfallenden Strahlen, wie es in der That geschieht, unzählig viele Reflexionen und Brechungen an den Gränzen der Lamellen erlitten haben.

Der auf die Lamelle MQ (Fig. 1 Taf. I.) senkrecht einfallende Strahl hg, dem die Schwingungsgleichung [1]) $s = a \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right] = a \sin \xi$ angehören mag, wird in g reflectirt und gebrochen. Der gebrochene Theil wird in p an der unteren Gränze der Lamelle reflectirt, und bei seiner Ankunft in g wieder reflectirt und gebrochen, der reflectirte Theil in p abermals reflectirt u. s. w. Ist b der Coëfficient, den a in der Schwingungsgleichung $s = a \sin \xi$ des einfallenden Strahles für das in g reflectirte und c der Coëfficient, den a für das in g durchgelassene Licht, fer-

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 93.

ner e der Coëfficient, den c für das innerhalb der Lamelle in p oder g reflectirte, und f der Coëfficient, den e für das in g durchgelassene Licht erhalten mufs: so gehören den in g interferirenden unzählig vielen Strahlen die Schwingungsgleichungen an:

$$s = abc\sin\xi$$
$$s' = acef\sin(\xi-\beta)$$
$$s'' = ace^3 f\sin(\xi-2\beta)$$
$$\cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot,$$

wenn β den Werth $2\pi\frac{2d}{\lambda}$, für eine schiefe Incidenz des Lichtes also den Werth $2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}$ hat (Seite 28). Um die Summe aller dieser Schwingungen

$$S = abc\sin\xi$$
$$+acef[\sin(\xi-\beta)+e^2\sin(\xi-2\beta)+e^4\sin(\xi-3\beta)\ldots]$$

finden zu können, erwäge man, dafs durch die Entwickelung des Bruches

$$\frac{A+Bk}{1-2k\cos\beta+k^2}$$

eine unendliche Reihe mit dem allgemeinen Gliede

$$\frac{k^m(A\sin(m+1)\beta+B\sin m\beta)}{\sin\beta}$$

entsteht [1]). Für $A=1$, $B=0$ und $m=0$, $=1$, $=2\ldots$ hat man demnach:

$$(7)\quad \frac{1}{1-2k\cos\beta+k^2} = 1+\frac{k\sin 2\beta}{\sin\beta}+\frac{k^2\sin 3\beta}{\sin\beta}\ldots,$$

oder

$$(8)\quad \frac{\sin\beta}{1-2k\cos\beta+k^2} = \sin\beta+k\sin 2\beta+k^2\sin 3\beta\ldots,$$

und, wenn man die Gleichung (7) mit $1-k\cos\beta$ multiplicirt:

1) Euleri *Introd. in analysin inf. tom. I, pag.* 181, wenn man k statt des dortigen pz setzt. Es bedarf nur einer Ausführung der Division, um sich von der Richtigkeit der angegebenen Form des allgemeinen Gliedes zu überzeugen.

$$\frac{1-k\cos\beta}{1-2k\cos\beta+k^2}$$
$$=1-k\cos\beta+\frac{k\sin 2\beta}{\sin\beta}-\frac{k^2\sin 2\beta\cos\beta}{\sin\beta}+\frac{k^2\sin 3\beta}{\sin\beta}\ldots$$
$$=1+k\cos\beta+\frac{k^2}{\sin\beta}(\sin 3\beta-\sin 2\beta\cos\beta)\ldots$$

Es ist aber $\sin 3\beta-\sin 2\beta\cos\beta=3\sin\beta-4\sin^3\beta-2\sin\beta\cos^2\beta=3\sin\beta-4\sin^3\beta-2\sin\beta+2\sin^3\beta=\sin\beta-2\sin^3\beta=\frac{1}{2}(2\sin\beta-4\sin^3\beta)=\frac{1}{2}(3\sin\beta-4\sin^3\beta-\sin\beta)=\frac{1}{2}(\sin 3\beta-\sin\beta)$, mithin

$$\frac{1-k\cos\beta}{1-2k\cos\beta+k^2}=1+k\cos\beta+\frac{k^2}{2\sin\beta}(\sin 3\beta-\sin\beta)\ldots,$$

oder, da $\sin\mu-\sin\nu=2\cos\frac{\mu+\nu}{2}\sin\frac{\mu-\nu}{2}$:

$$\frac{1-k\cos\beta}{1-2k\cos\beta+k^2}=1+k\cos\beta+k^2\cos 2\beta+k^3\cos 3\beta\ldots$$

Man hat also aus dieser Gleichung und aus (8), wenn man $e^2=k$, $e^4=k^2\ldots$ und $\xi-\beta=\psi$ setzt:

(9) $$\sin(\xi-\beta)+e^2\sin(\xi-2\beta)+e^4\sin(\xi-3\beta)\ldots$$
$$=\sin\psi+k\sin(\psi-\beta)+k^2\sin(\psi-2\beta)$$
$$=\sin\psi[1+k\cos\beta+k^2\cos 2\beta+k^3\cos 3\beta\ldots]$$
$$-k\cos\psi[\sin\beta+k\sin 2\beta+k^2\sin 3\beta\ldots]$$
$$=\frac{\sin\psi(1-k\cos\beta)-k\cos\psi\sin\beta}{1-2k\cos\beta+k^2}=\frac{\sin\psi-k\sin(\psi+\beta)}{1-2k\cos\beta+k^2},$$

oder, wenn die vorigen Werthe $\xi-\beta$ und e^2 statt ψ und k wiederhergestellt werden:

$$\sin(\xi-\beta)+e^2\sin(\xi-2\beta)+e^4\sin(\xi-3\beta)\ldots$$
$$=\frac{\sin(\xi-\beta)-e^2\sin\xi}{1-2e^2\cos\beta+e^4},$$

und hieraus endlich die Summe aller Schwingungen:

$$S=ab\sin\xi+\frac{acef[\sin(\xi-\beta)-e^2\sin\xi]}{1-2e^2\cos\beta+e^4}$$
$$=\frac{[ab-2abe^2\cos\beta+abe^4+acef\cos\beta-ace^3f]\sin\xi}{1-2e^2\cos\beta+e^4}$$
$$-\frac{acef\sin\beta\cos\xi}{1-2e^2\cos\beta+e^4}=F\sin\xi-G\cos\xi.$$

Es ist aber des *Young'schen Gesetzes* wegen $b=-e$, ferner $c=1-b=1+e$ und $f=1-e$, mithin $c.f=1-e^2$. Nimmt man diese Werthe, und setzt $\cos\beta=1-2\sin^2\frac{\beta}{2}$, so wird

$$F=\frac{ae(1+e^2)(\cos\beta-1)}{1-2e^2\cos\beta+e^4}=\frac{-2ae(1+e^2)\sin^2\frac{\beta}{2}}{(1-e^2)^2+4e^2\sin^2\frac{\beta}{2}},$$

$$G=\frac{2ae(1-e^2)\sin\frac{\beta}{2}\cos\frac{\beta}{2}}{(1-e^2)^2+4e^2\sin^2\frac{\beta}{2}},$$

folglich die Intensität [1]) des *reflectirten Lichtes:*

$$J=F^2+G^2=\frac{4a^2e^2\left[(1-e^2)^2+4e^2\sin^2\frac{\beta}{2}\right]\sin^2\frac{\beta}{2}}{\left[(1-e^2)^2+4e^2\sin^2\frac{\beta}{2}\right]^2}$$

$$=\frac{4a^2e^2\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}}{(1-e^2)^2+4e^2\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}}.$$

Die Maxima $\frac{4a^2e^2}{(1+e^2)^2}$ treten also ein für

$$d=\frac{\lambda}{4\cos r},\ =\frac{3\lambda}{4\cos r},\ =\frac{5\lambda}{4\cos r},\ =\frac{7\lambda}{4\cos r}\ldots,$$

und die Minima Null für

$$d=\frac{2\lambda}{4\cos r},\ =\frac{4\lambda}{4\cos r},\ =\frac{6\lambda}{4\cos r},\ =\frac{8\lambda}{4\cos r}\ldots,$$

dieselben Resultate, die schon aus der Gleichung (3) erhalten wurden.

Für das *durchgelassene Licht* ist, wenn man auch hier den Coëfficienten, den die Schwingungsgleichungen für das an der unteren Gränze der Lamelle durchgehende Licht erhalten müssen, wieder mit f bezeichnet, die Summe aller Schwingungen aus (9) für $\xi=\psi$ und $e^2=k$:

$$S'=acf[\sin\xi+e^2\sin(\xi-\beta)+e^4\sin(\xi-2\beta)\ldots]$$

$$=\frac{acf[\sin\xi-e^2\sin(\xi+\beta)]}{1-2e^2\cos\beta+e^4},$$

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 93.

mithin die Intensität [1]):

$$J' = \frac{a^2(1-e^2)}{(1-e^2)^2+4e^2\sin^2\frac{\beta}{2}} = \frac{a^2(1-e^2)^2}{(1-e^2)^2+4e^2\sin^2 2\pi\frac{d\cos r}{\lambda}}.$$

Hier treten also die Maxima a^2 ein für

$$d = \frac{2\lambda}{4\cos r}, = \frac{4\lambda}{4\cos r}, = \frac{6\lambda}{4\cos r}, = \frac{8\lambda}{4\cos r}\cdots,$$

und die Minima $\frac{a^2(1-e^2)^2}{(1+e^2)^2}$ für

$$d = \frac{\lambda}{4\cos r}, = \frac{3\lambda}{4\cos r}, = \frac{5\lambda}{4\cos r}, = \frac{7\lambda}{4\cos r}\cdots,$$

so dafs sowohl die Summe eines Maximums von J und eines Minimums von J', wie die Summe eines Minimums von J und eines Maximums von J' der Intensität a^2 des einfallenden Lichtes gleich ist, die reflectirten und durchgelassenen Farben also complementär seyn müssen, wie sich diefs schon aus der Gleichung (6) ergab.

Die Entdeckungen Arago's.

Arago's Entdeckung, dafs die Strahlen der durchgelassenen Ringe eben so, wie die der reflectirten, nach der Einfallsebene polarisirt sind, wenn natürliches Tageslicht *unter dem Polarisationswinkel* (wie hier überall, vom Einfallslothe gerechnet) auf die Gläser fällt (Seite 24), erklärt sich aus der Entstehungsweise der durchgelassenen Ringe. Weil der Polarisationswinkel eines Mittels nach dem *Brewster'schen Gesetze*[2]) derjenige ist, der mit seinem Brechungswinkel die constante Summe von 90° bildet, so hat man, wenn (Fig. 1 Taf. I.) der Winkel i an der oberen Gränze der Lamelle den Polarisationswinkel bedeutet, $i+r=90°$. An der unteren Gränze in q ist r der Einfalls- und i der Brechungswinkel, da bis auf eine merkliche Entfernung

1) Dafs beide Intensitätsausdrücke zuerst von Airy berechnet, und ohne ihre Entwickelung in diesen Annalen bereits mitgetheilt sind, wurde schon Seite 19 bemerkt.

2) *Phil. Transact. of the Soc. of London*, 1815. *pag.* 125.

von dem Berührungspunkte beider Gläser die verlängerten Radien der unteren Linse, welche die Einfallslothe für dieselbe sind, mit den senkrechten Tiefen der Lamelle beinahe zusammenfallen (Seite 32). Es ist also auch hier $r+i=90^0$, und daher r eben so der Polarisationswinkel für die untere Gränze der Lamelle, wie es i für die obere ist. Da dasselbe auch für den Einfallspunkt m an der oberen Gränze gilt, so sind es also für $i+r=90^0$ der zweimal unter dem Polarisationswinkel in q und m reflectirte Strahl $gqmv$, und der beinahe in unverändertem Zustande direct durchgelassene gq, durch deren Interferenz irgend eine Farbe in den durchgelassenen Ringen entsteht. Vollständig interferiren können aber nur solche lineare Aetherschwingungen, die in einer und derselben Ebene in parallelen Richtungen erfolgen. *Da nun die Schwingungen in dem zweimal unter dem Polarisationswinkel reflectirten Strahle senkrecht gegen die Einfallsebene gestellt werden,* so sind es von dem direct durchgelassenen gleichfalls nur die senkrecht gegen die Einfallsebene gerichteten Schwingungen, die mit jenen interferiren können. Die interferirenden Aetherschwingungen haben daher in den unter dem Polarisationswinkel i durchgelassenen Ringen eben so eine senkrechte Richtung gegen die Einfallsebene, wie in den unter dem Polarisationswinkel reflectirten, und sind deshalb in beiden Fällen in derselben Weise polarisirt.

Die zweite Entdeckung Arago's im Betreff der verschiedenen Intensität der beiden Bilder der reflectirten Ringe, wenn man sie durch ein Kalkspathrhomboëder betrachtet (Seite 24), findet ihre Erklärung gleichfalls in jenen Fresnel'schen Formeln $-\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$ und $\frac{\tang(i-r)}{\tang(i+r)}$, denen die Vibrationsintensität der reflectirten und nach der Einfallsebene oder senkrecht gegen dieselbe polarisirten Strahlen proportional ist. Liegt also der *Hauptschnitt* [1]) des Rhom-

1) Unter dem »Hauptschnitte« verstehe ich hier überall die Ebene, die senkrecht gegen die obere Bruchfläche des Rhomboëders durch die optische Axe geht.

boëders in der Einfallsebene, so gehört der erste Ausdruck dem *gewöhnlichen*, und der zweite dem *ungewöhnlichen* Bilde an, weil jenes durch Schwingungen entsteht, die senkrecht gegen den Hauptschnitt, dieses aber durch Schwingungen, die in dem Hauptschnitte erfolgen, und bei dieser Lage des Rhomboëders die gegen die Einfallsebene senkrechten Schwingungen auch senkrecht gegen den Hauptschnitt sind, die mit der Einfallsebene parallelen aber in den Hauptschnitt fallen. Wird dagegen der Hauptschnitt senkrecht gegen die Einfallsebene gehalten, so gehört der erste Ausdruck zum ungewöhnlichen und der zweite zum gewöhnlichen Bilde, weil dann die gegen die Einfallsebene senkrechten Schwingungen in den Hauptschnitt fallen, die mit der Einfallsebene parallelen aber eine senkrechte Richtung gegen den Hauptschnitt haben. Da nun die Lichtstärken den Quadraten der Vibrationsintensitäten proportional sind, so ist, wenn der Hauptschnitt in der Einfallsebene liegt, die Intensität des gewöhnlichen Bildes dem Quadrate $\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$ und die des ungewöhnlichen dem Quadrate $\frac{\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}$ proportional, wenn er aber eine gegen die Einfallsebene senkrechte Lage hat, die Intensität des gewöhnlichen Bildes dem Quadrate $\frac{\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}$, und die des ungewöhnlichen dem Quadrate $\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$ proportional. Für kleine Werthe von i und r sind beide Ausdrücke nicht merklich verschieden, weil der Sinus und die Tangente kleiner Winkel beinahe zusammenfallen; für jeden gröfseren Werth von i aber haben beide Bilder eine verschiedene Intensität. Ist i der Polarisationswinkel und $i+r=90°$, folglich $\tang(i+r)=\infty$ und $\frac{\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}=0$, so kann deshalb, wenn der Hauptschnitt in der Einfallsebene liegt, das ungewöhnliche, und wenn er senkrecht gegen die Einfallsebene gehalten wird, das gewöhnliche Bild nicht sichtbar werden. Dafs dabei das Gesichtsfeld an der Stelle des

verschwundenen Bildes sich nicht verdunkelt, ist ein Beweis, dafs unter den selbst unter dem Polarisationswinkel reflectirten Strahlen auch unpolarisirte vorhanden sind, die wirksam bleiben, während das eine der durch polarisirte Strahlen entstandenen Bilder verschwindet.

Ueber Arago's dritte Entdeckung, die eigenthümlichen Erscheinungen, die man an den Ringen wahrnimmt, die zwischen einer Glaslinse und einem Metallspiegel von der gebräuchlichen Composition sich bilden (Seite 25), haben meine eigenen *im Tageslichte* angestellten Beobachtungen mir folgende Resultate gegeben:

1. Wird eine flache Convexlinse an den Spiegel so stark angedrückt, dafs beide sich aufs innigste berühren, so zeigt sich der von farbigen Ringen umgebene Centralfleck unter allen Incidenzen der Strahlen nicht dunkel oder gar schwarz, sondern *hellgrau*, und es werden die Ringe gerade so, wie die Newton'schen, um so gröfser, je schräger das Licht einfällt.

2. Betrachtet man das Ringsystem durch ein doppeltbrechendes Prisma oder ein Kalkspathrhomboëder, dessen Hauptschnitt in der Einfallsebene oder senkrecht gegen dieselbe liegt: so bemerkt man in beiden Bildern bei kleinen Einfallswinkeln eine gleiche Intensität, bei gröfseren aber, die indefs kleiner als der Polarisationswinkel von etwa 56° genommen werden, sind zwar die Intensitäten beider Bilder verschieden, die Farben in den gleichvielten Ringen jedoch übereinstimmend. Fällt aber das Licht unter dem Polarisationswinkel ein, so verschwindet, je nachdem der Hauptschnitt des Kalkspaths in der Einfallsebene oder senkrecht gegen dieselbe liegt, in dem einen Falle das ungewöhnliche und in dem anderen das gewöhnliche Bild, ohne dafs an der Stelle des verschwundenen Bildes eine Verdunkelung des Gesichtsfeldes eintritt, wie man diefs alles auch bei den zwischen zwei Gläsern gebildeten Ringen bemerkt. Die Uebereinstimmung derselben mit den zwischen einem Glase und einem Spiegel gebildeten hört jedoch auf, wenn man den Einfallswinkel gröfser, als den Polarisa-

tionswinkel nimmt. Beide Bilder dieser Ringe werden dann zwar wieder sichtbar, *es sind aber die Farben in dem, welches verschwunden war, die complementären zu denen des anderen, das unter dem Polarisationswinkel nicht verschwand,* während sich beide Bilder der zwischen zwei Gläsern entstandenen Ringe unter allen Incidenzen der Strahlen (mit alleiniger Ausnahme des Polarisationswinkels) in denselben Farben zeigen. Sieht man z. B. bei einer weniger innigen Berührung des Glases und des Spiegels, wenn der Einfallswinkel kleiner ist, als der Polarisationswinkel, wenn also $i+r<90^{\circ}$, den Centralfleck in beiden Bildern roth, so wird er, wenn der Einfallswinkel die Gröfse des Polarisationswinkels übersteigt und $i+r>90^{\circ}$ ist, in dem einen Bilde grün, während er in dem anderen auch dann noch roth bleibt. Oder ist bei der innigsten Berührung des Glases und des Spiegels der Centralfleck in beiden Bildern hellgrau für $i+r<90^{\circ}$, so wird er für $i+r>90^{\circ}$ in dem einen Bilde schwarz mit weifsem Saume, und in dem anderen weifs mit schwarzem Saume.

3. Wird das Rhomboëder bei Einfallswinkeln, die kleiner als der Polarisationswinkel sind, vor dem Auge herumgedreht, so zeigen sich die Intensitäten beider Bilder, des gewöhnlichen und ungewöhnlichen, ungeachtet die Farben in den gleichvielten Ringen dieselben sind, um so mehr verschieden, je mehr sich der Hauptschnitt der Einfallsebene nähert, oder je mehr er eine gegen diese Ebene senkrechte Lage erhält. Beide Bilder haben dagegen eine gleiche Intensität, wenn der Winkel des Hauptschnittes mit der Einfallsebene $=45^{\circ}$, $=135^{\circ}$ ...

4. Liegt der Hauptschnitt des Kalkspaths in der Einfallsebene oder senkrecht gegen dieselbe, so bemerkt man bei Einfallswinkeln, die kleiner als der Polarisationswinkel sind, einen geringen Unterschied in den Ringdurchmessern beider Bilder, und zwar sind die Durchmesser in dem Bilde, das unter dem Polarisationswinkel verschwindet, die kleineren.

5. Wird das Ringsystem durch ein Nicol'sches Prisma

unter Einfallswinkeln betrachtet, *die gröfser sind als der Polarisationswinkel*, so zeigt sich in der Mitte des einzigen Bildes, welches dann wahrgenommen wird, *ein weifser Fleck von einem schwarzen Kreise umgeben, wenn der Hauptschnitt des Prisma in der Einfallsebene liegt*, und Glas und Spiegel sich aufs innigste berühren. Wird aber der Hauptschnitt vor dem Auge rechts- oder linkshin gedreht, so dehnt sich der weifse Fleck immer mehr und mehr in einen weifsen Kreis aus, *dessen Mitte schwarz und dessen Durchmesser am gröfsten ist, wenn der Hauptschnitt eine gegen die Einfallsebene senkrechte Lage erhalten hat.* Wird dann die Drehung des Hauptschnittes nach derselben Richtung hin fortgesetzt, so zieht sich der weifse Kreis wieder in einen weifsen Fleck zusammen, der von einem schwarzen Kreise umgeben ist, wenn der Hauptschnitt um 180° gedreht wurde u. s. w. Eben so gehen auch die Farben der übrigen Ringe, wenn der Hauptschnitt aus der Einfallsebene in eine gegen dieselbe senkrechte Lage gedreht wird, in die complementären über.

In der Undulationstheorie findet man einen Aufschlufs auch über alle diese so höchst merkwürdigen Erscheinungen.

Der Schwingungsgleichung des von der inneren Seite der Glaslinse reflectirten und in der Einfallsebene oscillirenden Strahlenbündels mufs man die Form (Seite 197):

$$s = \frac{a \operatorname{tang}(i-r)}{\operatorname{tang}(i+r)} \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right]$$

geben, weil die Vibrationsintensität $v = \frac{2a\pi}{T}$ dem Ausdrucke $\frac{\operatorname{tang}(i-r)}{\operatorname{tang}(i+r)}$ proportional ist, und dasselbe daher auch für die Schwingungsweite $a = \frac{vT}{2\pi}$ gilt. Eben so hat das von der Linse reflectirte und senkrecht gegen die Einfallsebene vibrirende Bündel die Schwingungsgleichung:

$$s' = -\frac{a \sin(i-r)}{\sin(i+r)} \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right],$$

so dafs *die verschiedenen Intensitäten* beider Bündel nach ihrer Reflexion von dem Glase durch die Quadrate $\frac{a^2 \tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}$ und $\frac{a^2 \sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}$ bestimmt werden.

Anders verhält es sich mit den von dem Metallspiegel, auf dem die Convexlinse liegt, reflectirten Strahlen. Denn es unterscheidet sich einfallendes *natürliches* Licht, das *einmal* von einem Metalle zurückgeworfen wurde, von dem vom Glase einmal reflectirten wesentlich dadurch, dafs in ersterem, welchen Einfallswinkel man auch wählen mag, nur sehr wenige Strahlen polarisirt sind, während letzteres unter dem Polarisationswinkel beinahe vollständig polarisirt werden kann. Ohne merklichen Fehler darf man also auch das von dem Spiegel reflectirte Licht als natürliches d. h. als solches ansehen, das aus zwei Bündeln *von gleicher Intensität* b^2 besteht, in deren einem die Aetherschwingungen in der Einfallsebene, und in deren anderem sie senkrecht gegen diese Ebene erfolgen. Es mufs daher die Schwingungsgleichung für das eine dieser Bündel die Form:

$$s'' = b \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} - \frac{2d\cos r}{\lambda}\right],$$

und für das andere die Form:

$$s''' = -b \sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} - \frac{2d\cos r}{\lambda}\right]$$ [1])

1) Für beide Strahlenbündel habe ich den Gangunterschied $\frac{2d\cos r}{\lambda}$, der zwischen ihnen und den vom Glase zurückgeworfenen entsteht, als gleich angenommen, weil natürliches Licht, wie gesagt, nach einmaliger Reflexion von einem Metallspiegel wieder als natürliches angesehen werden kann. Würde aber das auf den Spiegel fallende Licht polarisirt seyn, so wäre das zurückgeworfene auch schon nach einmaliger Reflexion *elliptisch polarisirt*, und es müfsten dann nicht allein die Schwingungsweiten, sondern auch der Gangunterschied für beide Bündel verschieden bezeichnet werden, weil im elliptisch polarisirten Lichte das eine Bündel, *das parallel mit der Einfallsebene schwingt*, gegen das andere durch die Reflexion eine Verzögerung erlitten hat, die von der Incidenz von 0° bis zu der von 90° von Null bis zu einer halben Wellenlänge zunimmt. Man sehe Brewster's, Neumann's und Jamin's

erhalten, wenn die Tiefe der Lamelle wieder mit d und der Brechungswinkel aus dem Glase in die Luft wieder mit r bezeichnet wird, weil die von dem Spiegel reflectirten Strahlen einen um $\frac{2d\cos r}{\lambda}$ gröfseren Weg, als die vom Glase reflectirten zurückzulegen haben.

Man erhält aber die aus der Interferenz zweier ähnlich polarisirten und gleichfarbigen Strahlenbündel resultirende Intensität, wenn man zur Summe ihrer Lichtstärken das doppelte Product der Quadratwurzeln aus denselben mit dem Cosinus des Phasenunterschiedes beider Bündel addirt, und es ist daher für die *in der Einfallsebene* schwingenden Strahlen die Intensität:

$$(10)\quad J=b^2+\frac{a^2\tang^2(i-r)}{\tang^2(i+r)}+\frac{2ab\tang(i-r)}{\tang(i+r)}\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda},$$

für die Strahlen aber, die *senkrecht gegen die Einfallsebene* oscilliren, die Intensität:

$$(11)\quad J'=b^2+\frac{a^2\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)}+\frac{2ab\sin(i-r)}{\sin(i+r)}\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}.$$

Da der Einfallswinkel i im Glase immer kleiner, als der Brechungswinkel r in der Luft, der Zähler $\tang(i-r)$ in (10) also jedesmal negativ ist, so wird das letzte Glied in dieser Gleichung positiv, wenn $\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}=-1$, oder wenn $d=\frac{\lambda}{4\cos r}, =\frac{3\lambda}{4\cos r}, =\frac{5\lambda}{4\cos r}\ldots$ Die Intensität ist daher in diesem Falle ein Maximum. Sie wird dagegen ein Minimum, wenn $\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}=+1$, oder für $d=0, =\frac{2\lambda}{4\cos r}, =\frac{4\lambda}{4\cos r}\ldots$ Diefs ist jedoch nur so lange der Fall, als $i+r<90^\circ$ und der Einfallswinkel die Gröfse des Polarisationswinkels nicht erreicht. Ist für den Polarisationswinkel selbst $i+r=90^\circ$ und $\tang(i+r)=\infty$, so wird $J=b^2$.

Abhandlungen über die Reflexion des Lichtes von Metallflächen in diesen Ann. Bd. 21, S. 219, ferner Bd. 40, S. 513 und Ergänzungsbd. 2 (vom Jahre 1847), S. 450.

$J=b^2$. Da also in diesem Falle blofs die von dem Spiegel reflectirten Strahlen wirksam bleiben, und keine vom Glase reflectirte vorhanden sind, mit denen jene interferiren könnten, so mufs das Ringsystem, das zu diesen in der Einfallsebene oscillirenden Strahlen gehört, ohne eine Verdunkelung des Hintergrundes verschwinden. Ist endlich $i+r>90^0$ und der Einfallswinkel gröfser, als der Polarisationswinkel, so wird $\text{tang}(i+r)$ negativ, folglich $\frac{\text{tang}(i-r)}{\text{tang}(i+r)}$ positiv, und es treten die Maxima und Minima der Intensität für die entgegengesetzten Bedingungen ein, so dafs die Farben in diesem Bilde die complementären zu jenen sind, die sich für $i+r<90^0$ zeigten.

Wäre z. B. λ die Wellenlänge des mittleren rothen Lichtes und die Tiefe d der Lamelle $=\frac{6\lambda}{4\cos r}$, so ist $\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}$ positiv, mithin für $i+r<90^0$ die Intensität

$$J=b^2+\frac{a^2\,\text{tang}^2(i-r)}{\text{tang}^2(i+r)}-\frac{2ab\,\text{tang}(r-i)}{\text{tang}(r+i)}$$

des rothen Lichtes grofsentheils vernichtet, und von dem einfallenden weifsen eine Mischung der übrigen Farben, also Grün vorherrschend; wird aber $i+r>90^0$ und $\text{tang}(i+r)$ negativ, so ist die Intensität

$$J=b^2+\frac{a^2\,\text{tang}^2(i-r)}{\text{tang}^2(i+r)}+\frac{2ab\,\text{tang}(i-r)}{\text{tang}(i+r)}$$

des rothen Lichtes die überwiegende.

Was den Centralfleck in dem Bilde betrifft, das durch Schwingungen entsteht, die mit der Einfallsebene parallel sind, so ist für denselben, wenn $i+r<90^0$, bei jedem Werthe von λ, folglich für alle im Tageslichte vorhandenen Farben, die Intensität J in (10) in ihrem Minimum, weil dann $d=0$ und $\cos 2\pi\frac{2d\cos r}{\lambda}=\cos 0^0=+1$. Wird aber $i+r=90^0$ und $\text{tang}(i+r)=\infty$, so erscheint der Centralfleck durch das von dem Spiegel reflectirte Licht $J=b^2$ weifs, und er bleibt auch weifs für gröfsere Ein-

fallswinkel, weil für diese der Bruch $\frac{\text{tang}(i-r)}{\text{tang}(i+r)}$ in seinem Zähler und Nenner negativ, mithin positiv, und $\cos 2\pi \frac{2d\cos r}{\lambda}$ für $d=0$ bei jedem Werthe von λ gleichfalls positiv ist.

Für die gegen die Einfallsebene senkrechten Aetherschwingungen kann dagegen ein solcher Uebergang in die complementären Farben nicht eintreten, weil der Ausdruck $\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$ in (11) sein Zeichen nicht ändert, wenn auch $i+r>90°$ wird. Es bleibt deshalb auch das letzte Glied in dieser Gleichung für den Centralfleck, für den $\cos 2\pi \frac{2d\cos r}{\lambda}$ $=\cos 0° = +1$ ist, immer negativ und seine Intensität für jeden Werth von λ ein Minimum, worin zugleich der Grund liegt, aus dem dieser mit freiem Auge und ohne den Kalkspath betrachtete Fleck unter allen Incidenzen der Strahlen nicht weifs erscheinen kann.

Das ungewöhnliche Bild entsteht durch Schwingungen, die in dem Hauptschnitte erfolgen. In diesem Bilde mufs man also einen Wechsel in den Farben bemerken, wenn der Hauptschnitt in der Einfallsebene liegt. Das gewöhnliche Bild aber entsteht durch Schwingungen, die senkrecht gegen den Hauptschnitt sind, und es wird daher ein Wechsel der Farben in diesem Bilde eintreten, wenn der Hauptschnitt senkrecht gegen die Einfallsebene gehalten wird, die in dieser Ebene erfolgenden Schwingungen also senkrecht gegen den Hauptschnitt sind. Da überdiefs die um so gröfsere Ausdehnung der Ringe, je schräger das Licht einfällt, wie bei den Newton'schen, von dem Nenner $\cos r$ in dem Werthe von d abhängt, so finden also alle unter 1. und 2. angegebenen Beobachtungen ihre Begründung in der Undulationstheorie.

Zur Erklärung der unter 3. beschriebenen Versuche, die sich auf die Erscheinungen beziehen, die für $i+r<90°$ bei einer Umdrehung des Kalkspaths vor dem Auge sich darbieten, sey (Fig. 5 Taf. I.) AB die Einfallsebene und AH der Hauptschnitt des Kalkspaths, die beide den Win-

kel $HAB = \alpha$ bilden. Da man die in der Einfallsebene oscillirende Schwingung $Ae = J^{\frac{1}{2}}$ in die beiden auf einander senkrechten $ef = J^{\frac{1}{2}} \sin\alpha$ und $Af = J^{\frac{1}{2}} \cos\alpha$, die senkrecht gegen die Einfallsebene oscillirende Schwingung $Ag = J'^{\frac{1}{2}}$ aber in $gk = J'^{\frac{1}{2}} \cos\alpha$ und $Ak = J'^{\frac{1}{2}} \sin\alpha$ zerlegen kann [1]), so ist die Intensität des gewöhnlichen Bildes, das durch Schwingungen entsteht, die senkrecht gegen den Hauptschnitt sind:

$$J' = ef^2 + gk^2 = J \sin^2\alpha + J' \cos^2\alpha,$$

und die des ungewöhnlichen, das durch Schwingungen entsteht, die in dem Hauptschnitte geschehen:

$$(12) \quad J'' = Af^2 + Ak^2 = J \cos^2\alpha + J' \sin^2\alpha.$$

Liegt also der Hauptschnitt in der Einfallsebene, so dafs $\alpha = 0°$ oder $= 180°$, so wird die Intensität des gewöhnlichen Bildes $J' = J'$ und die des ungewöhnlichen $J'' = J$; liegt aber der Hauptschnitt senkrecht gegen die Einfallsebene, so dafs $\alpha = 90°$ oder $= 270°$, so vertauschen die Bilder ihre ungleichen Intensitäten, und ist endlich $\alpha = 45°$, $= 135°$..., mithin $\sin^2\alpha = \cos^2\alpha = \frac{1}{2}$, so hat man die Intensität eines jeden der beiden Bilder $= \frac{1}{2}(J + J')$, wie dieſs alles den unter 3. beschriebenen Versuchen entspricht.

Die unter 4. angegebene Wahrnehmung, dafs die Ringdurchmesser, wenn der Hauptschnitt des Kalkspaths in der Einfallsebene oder senkrecht gegen dieselbe liegt, in dem unter dem Polarisationswinkel verschwindenden Bilde für $i + r < 90°$ sich kleiner zeigen, als in dem anderen, scheint lediglich durch die verschiedene Intensität beider Bilder veranlafst zu werden, indem jenes schon lange vor dem völligen Verschwinden, wenn der Einfallswinkel noch zwanzig und mehrere Grade von dem Polarisationswinkel entfernt ist, bei einer schwachen Intensität sich zusammenzuziehen beginnt. Der Umstand, dafs man durchaus keine Verschiedenheit in den Ringhalbmessern bemerken kann, wenn der Hauptschnitt unter 45° oder 135° u. s. w. ge-

1) Die Schwingungsweite ist die Quadratwurzel aus der Intensität, weil diese durch das Quadrat der Schwingungsweite bestimmt wird.

gen die Einfallsebene gehalten wird, in welchem Falle beide Bilder *unter allen Incidenzen der Strahlen* eine gleiche Intensität und gleiche Farben zeigen, läfst wohl keinen Zweifel an der Wahrheit dieser Erklärung übrig.

Die unter 5. angegebenen Beobachtungen endlich betreffen das durch ein Nicol'sches Prisma betrachtete Ringsystem, wenn der Einfallswinkel der Strahlen gröfser, als der Polarisationswinkel ist, und finden ihre Erklärung in der Gleichung (12), weil das Nicol'sche Prisma nur solche Schwingungen durchläfst, die mit seinem Hauptschnitte parallel sind. Für $\alpha = 0^\circ$ oder $= 180^\circ$, wenn der Hauptschnitt in der Einfallsebene liegt, ist daher $J'' = J$, die weifse Mitte des Bildes also von einem schwarzen Kreise umgeben. Liegt aber für $\alpha = 90^\circ$ oder 270° der Hauptschnitt senkrecht gegen die Einfallsebene, so ist $J''' = J$, und der schwarze Centralfleck von einem weifsen Kreise umgeben. Dieser Austausch in den Intensitäten kann aber bei einer allmähligen Umdrehung des Nicol'schen Prisma nicht anders erfolgen, als wenn sich der schwarze Centralfleck nach und nach zu einem schwarzen Kreise erweitert, damit seine Stelle durch einen weifsen Fleck eingenommen werde, oder wenn umgekehrt der schwarze Kreis sich zu einem schwarzen Flecke zusammenzieht, damit er selbst durch einen weifsen Kreis ersetzt werde, wie man ja dasselbe auch bei den *epoptischen Figuren* beobachtet, wenn man sie durch ein vor dem Auge herumgedrehtes Nicol'sches Prisma betrachtet. Da die Intensitäten J und J' sich auf die ganzen Bilder beziehen, so müssen die Farben bei der Vierteldrehung des Prisma auch in den übrigen Ringen in die complementären übergehen [1]).

1) Eine Abhandlung von Airy über die zwischen einer Glaslinse und einem Metallspiegel entstehenden Ringe enthalten die *Transact. of the Cambridge Phil. Soc. vol. IV, pag.* 279, und diese Ann. Bd. 26, S. 123, wo auch der Herausgeber derselben seine eigenen sorgfältigen Beobachtungen in einem Zusatze mitgetheilt hat. Eine Fortsetzung dieser Untersuchungen von Airy findet man in diesen Ann. Bd. 28, S 75 und von Brewster in diesen Ann. Bd. 58, S. 453.

Die unter 2. angegebenen Beobachtungen hat auch Airy aus den Fres-

Unmöglichkeit einer Erklärung der Newton'schen Ringe durch die Emanationstheorie.

Während hier überall die *Undulationstheorie* in der vollkommensten Uebereinstimmung mit den Beobachtungen gefunden wurde, und alle Eigenschaften der Newton'schen Ringe aus denselben Gesetzen erklärt werden konnten, aus denen man auch alle anderen Lichtwirkungen ableiten kann, sieht man sich in der *Emanationstheorie* schon für dieſs eine Gebiet der Optik zu mehreren Hypothesen ge-

nel'schen Formeln $\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$ und $\frac{\tang(i-r)}{\tang(i+r)}$, jedoch unter der nicht begründeten Voraussetzung erklärt, daſs beide ein positives Vorzeichen haben. Bekanntlich hat Fresnel beide Ausdrücke negativ gefunden, und es läſst sich wohl bei $\frac{\tang(i-r)}{\tang(i+r)}$, nicht aber bei $\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)}$ das positive Vorzeichen als das richtigere nachweisen (Knochenhauer's »Undulationstheorie« S. 77).

Die unter 5. angegebenen Versuche hat Airy mit einem Turmalin angestellt. Seine Behauptung, die er theoretisch nicht begründet hat, daſs der Centralfleck schwarz sey, wenn die Axe des Turmalins in der Einfallsebene liegt, und weiſs, wenn sie senkrecht gegen diese Ebene gehalten wird, kann nicht wahr seyn, weil die Axe des Turmalins durch den Hauptschnitt des Nicol'schen Prisma vertreten wird, indem auch ein Turmalin nur solche Aetherschwingungen durchläſst, die mit seiner Axe parallel sind. Daſs der Centralfleck und die Ringe für die auf einander senkrechten Lagen des Hauptschnittes im Nicol'schen Prisma sich in der That so zeigen, wie es oben im Einklange mit der Theorie angegeben ist, hiervon habe ich mich durch mehrmalige Beobachtungen überzeugt.

Die durch den Austausch der Farben sich von selbst ergebende Aenderung der Ringdurchmesser, wenn α von Null an wächst, will Airy unter der Zuziehung mehrerer Hypothesen aus einer Gleichung ableiten, deren Entwickelung er nicht mitgetheilt hat (diese Ann. Bd. 26, S. 131). Daſs auch diese Erklärung nicht richtig seyn könne, folgt schon daraus, daſs sich aus jener Gleichung für $i+r<90^0$ eine entgegengesetzte Aenderung der Ringdurchmesser ergiebt, sobald α von Null an wächst, eine solche aber bei den Beobachtungen nicht bemerkt werden kann. Hierzu kommt noch, daſs Airy jene Gleichung und die aus derselben sich ergebenden Folgerungen auf die Voraussetzung, es seyen die von dem Spiegel reflectirten Strahlen elliptisch polarisirt, begründet hat, während doch in dem vorliegenden Falle die Bedingungen zum Entstehen einer elliptischen Polarisation gar nicht vorhanden sind.

nöthigt, die durchaus nicht begründet werden können, und die nicht nur in gar keinem Zusammenhange mit einander stehen, sondern auch anderen Voraussetzungen eben dieser Theorie widersprechen.

Ganz abgesehen davon, dafs die Hypothese der Anwandlungen, wenn man sie auf andere Lichterscheinungen anwendet, als durchaus unhaltbar sich erweist, ist man in der Emanationstheorie, um die Ausdehnung der Ringe bei gröfseren Einfallswinkeln erklären zu können, zu der Voraussetzung gezwungen, dafs die Intervalle der Anwandlungen für alle Farben mit dem Einfallswinkel wachsen. Entstehen aber die Anwandlungen, wie Newton glaubt [1]), dadurch, dafs die körperlichen Molecule eines Lichtstrahles in dem Mittel, in welches sie eintreten, Schwingungen erregen, die sich schneller fortpflanzen als der Strahl, und deshalb seine Bewegung in wechselnder Folge beschleunigen oder verzögern: so ist es, auch wenn man selbst diese Hypothese für zulässig erachten wollte, dennoch nicht zu begreifen, wie hieraus eine Aenderung der Intervalle für verschiedene Einfallswinkel folgen soll.

Dafs die Emanationstheorie auch über das Gesetz, von dem die Tiefen einer Lamelle für verschiedene Incidenzen der Strahlen abhängen, keine Auskunft geben könne, habe ich schon Seite 40 bemerkt, indem die von Newton ohne alle überzeugende Begründung angenommene Formel nur für kleinere Winkel, unter denen das Licht im Glase einfällt, der Wahrheit nahe kommt.

Um ferner die Verengung der durch eine dichtere Schicht z. B. eine Wasserlamelle entstehenden Ringe in der Emanationstheorie erklären zu können, mufs man die Voraussetzung machen, dafs die Intervalle der Anwandlungen für alle Farben in einer dichteren Schicht kleiner werden, die Strahlen sich also langsamer bewegen, und dennoch führt die Erklärung des Brechungsgesetzes durch eben diese Theorie darauf hin, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit

1) *Opt. lib. III, quaestio* 29.

des Lichtes in den dichteren Medien gröfser sey, als in den dünneren.

Doch genug der unbegreiflichen Widersprüche, in die man nach allen Seiten hin geräth. Man würde die verlorne Mühe bedauern müssen, die sich hochverdiente und zum Theil noch lebende Männer gegeben haben, um mit Aufbietung des gröfsten Scharfsinnes eine Sache zu halten, die sich nicht halten läfst, weil sie gegen die Natur ankämpft, wenn nicht eben diese entgegengesetzten Bestrebungen dazu beigetragen hätten, dafs der Sieg der Wahrheit ein um so mehr entschiedener und unbestreitbarer wurde.

Als der erste Theil der vorstehenden Abhandlung schon gedruckt war, wurde ich zufällig auf die in diesen Ann. Bd. 76, S. 459 mitgetheilte Notiz aufmerksam, aus der ich ersehe, dafs auch die HH. de la Provostaye und Desains das Gesetz, nach welchem die Lamellentiefen im Sinne der Undulationstheorie von den Incidenzen abhängen (Seite 39), durch ihre Beobachtungen bestätigt gefunden haben. Gewifs waren ihre Gläser über die absolute Berührung hinaus zusammengedrückt, weil sonst die Messungen auf mehr als höchstens zwei Decimalstellen mit der Theorie hätten übereinstimmen müssen.

IV. *Ueber die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch den galvanischen Strom; von G. Wiedemann.*

Bei den meisten Untersuchungen, welche seit längeren Jahren das Gebiet der Elektricität und des Magnetismus auf eine so bewundernswerthe Weise ausgedehnt, hat man

bis auf die neuste Zeit, die den magnetisch-elektrischen Einflüssen unterworfenen Körper gleichsam nur als Träger jener Agentien betrachtet, und viel mehr auf letztere selbst Rücksicht genommen, und ihr Verhalten unter verschiedenen Bedingungen studirt, als auf die Wirkungen geachtet, welche dieselben auf die innere Constitution der Körper, auf die in ihnen schon vorhandenen Kräfte, mit einziger Ausnahme der Schwerkraft, ausüben. Dieser Gesichtspunkt ist erst neuerdings vollständig von Faraday [1]) erfafst worden, indem er lehrte, dafs Körper, welche zwischen die Pole eines Magneten gebracht werden, die Eigenschaft erhalten, die Polarisationsebene eines Lichtstrahles, welcher in der Richtung der sogenannten Magnetkraftlinien die Körper durchläuft, um einen gewissen Winkel von ihrer ursprünglichen Lage abzulenken. Mag diese Wirkung nun einem directen Einfluſs des Magnetismus auf die Lichtschwingungen zugeschrieben werden, oder mag man annehmen, dafs die Molecularconstitution der Körper sich durch denselben ändert, und dafs die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes nur gewissermafsen ein Reagenz für jene Aenderung abgebe; jedenfalls zeigte Faraday's Entdeckung zuerst eine nähere Beziehung zu anderen im Körper wirksamen Kräften als zu der Schwerkraft allein.

Obgleich indefs schon mehrere Jahre verflossen sind, seit Faraday durch diese Entdeckung den Physikern ein reiches Feld für weitere Untersuchungen eröffnete, so sind doch bis jetzt nur wenige Versuche gemacht worden, jene neuen Erscheinungen in ihren näheren Beziehungen zu erforschen. Die bisher bekannten Thatsachen beschränken sich fast nur auf die schon von Faraday aufgefundenen Resultate, und einige durch Hrn. Bertin zur näheren Begründung der quantitativen Verhältnisse der Erscheinung ausgeführte Versuche.

Faraday selbst stellte nicht allein in Bezug auf die Art und Weise der Hervorrufung der Drehung der Polarisationsebene vermittelst eines Elektromagneten, oder ver-

1) *Philos. magazine XXVIII.* 64. 294.

mittelst Drahtspiralen, die den der Einwirkung ausgesetzten Körper umgaben und vom galvanischen Strom durchflossen waren, Beobachtungen an, sondern wies auch schon die verschiedene Intensität der Wirkung, in verschiedenen sowohl schon für sich mit der drehenden Kraft begabten als auch an und für sich nicht drehenden Substanzen nach. Er zeigte ferner, dafs die Drehung stets in derselben Richtung stattfand, in welcher der Strom lief, welcher die den angewandten Körper umgebenden Spiralen durchflofs, und beobachtete endlich noch, dafs die Gröfse der Drehung bei verschieden starken Strömen im Ganzen ihrer Intensität proportional sey.

Die Beobachtungen, welche unmittelbar nach der Bekanntmachung von Faraday's Entdeckung angestellt sind, die Versuche von Böttger [1]), Pouillet [2]), Ruhmkorff [3]) und Biot [4]), hatten mehr zum Zweck, die Faraday'sche Entdeckung zu bestätigen und bequeme und geeignete Apparate zur Anstellung der dahin einschlagenden Experimente zu construiren, als wirklich tiefer in das eigentliche Wesen der Sache einzudringen.

Die darauf veröffentlichen Beobachtungen von Matthiessen [5]) lehrten auch wenig mehr kennen, als eine gröfsere Reihe von Substanzen, die durch bei gleicher Stromintensität verhältnifsmäfsig sehr starke Drehung der Polarisationsebene besonders geeignet sind, die Erscheinungen recht vollkommen und deutlich hervorzurufen.

Die ausführlichste Arbeit, in Bezug auf den in Rede stehenden Gegenstand, ist indefs von Hrn. Bertin [6]) angestellt. Hr. Bertin hat durchgehends vermittelst eines starken Elekromagneten die Drehung der Polarisationsebene hervorgerufen, sonst aber die betreffende Erscheinung unter

1) Pogg. Ann. Bd. 67, S. 290. 350.
2) *Compt. rend. XXII.* 135.
3) *Compt. rend. XXIII.* 417.
4) *Compt. rend. XXIII.* 538.
5) *Compt. rend. XXIV.* 969. *XXV.* 20—173.
6) *Ann. de chimie et de physique III. T. XXIII p.* 5. Pogg. Ann. Bd. 75, S. 420.

mannigfachen Modificationen der sie bedingenden Verhältnisse beobachtet. Abgesehen davon, dafs er, wie schon früher gezeigt war, einen Unterschied der Wirkung in verschiedenen Substanzen nachwies, änderte er auch die Art und Weise der magnetischen Einwirkung selbst. Er liefs hierbei die zwischen die Pole des Elekromagneten gebrachten Substanzen vom Lichte in Richtungen durchfliefsen, die sowohl mit der Verbindungslinie der Magnetpole zusammenfielen, als auch gegen sie in einem beliebigen Winkel geneigt waren. Er beobachtete ferner die Verringerung, welche die Einwirkung erleidet, wenn die dem magnetischen Einflufs ausgesetzte Substanz, von den Magnetpolen mehr oder weniger entfernt wird. Hr. Bertin fand dabei das wichtige Gesetz, » dafs die Drehung der Polarisationsebene in geometrischer Progression abnimmt, wenn der Abstand von Magnetpol in arithmetischer Reihe wächst. «

Trotzdem die Versuche des Hrn. Bertin sehr ausführlich und genau sind, ist in ihnen doch nur ein specieller Theil der Untersuchungen verfolgt, welche nöthig sind, um die Erscheinungen der Drehung der Polarisationsebene durch Magnetismus auf ein genaueres Maafs, auf bestimmte quantitative Gesetze zurückzuführen. Vor Allem wäre es jedenfalls erforderlich gewesen, erst durch Versuche das Gesetz der Abnahme des Magnetismus in Bezug auf die Entfernung von den Polen des benutzten Elektromagneten aufzusuchen, um aus diesem Gesetz, im Verein mit den von Bertin aufgestellten Beobachtungsresultaten eine bestimmte Beziehung zwischen der Gröfse der Drehung und der Intensität des Magnetismus an jedem Orte aufzufinden. Die Betrachtungen ferner, welche Hr. Bertin über die zur Erreichung des Maximums des Effectes nöthige Dicke des Drahtes in den Rollen des von ihm verwendeten Elektromagneten, über die Anzahl der neben und hinter einander zu verbindenden galvanischen Säulen anstellt; die Art und Weise endlich, in welcher er die Gröfse der Ablenkung der Polarisationsebene mit der Gröfse der elektrischen » Spannung « der benutzen Batterie verknüpft, zeigen deut-

lich, dafs Hr. Bertin, ungeachtet ihm höchst bedeutende Mittel zu Gebote standen, doch niemals ein die Stromintensität messendes Instrument angewandt hat, welches allein über die wahre Wirkung seiner Säule Aufschlufs gegeben hätte. So konnte auch in dieser Beziehung durch die besprochenen Untersuchungen kein bestimmt hervortretendes allgemeineres Resultat erzielt werden.

Neuere Versuche von Hrn. Becquerel [1]), die optischen Wirkungen des Magnetismus mit den diamagnetischen Erscheinungen zu verknüpfen, haben zu keinem bestimmten Gesetze geführt.

Bei der derartigen Beschaffenheit unserer Kenntnisse von der elektrisch-magnetischen Circularpolarisation schien es mir nicht am unrechten Ort, einige Versuche zur näheren Begründung der sie betreffenden Gesetze anzustellen, sowohl in Bezug auf ihre Abhängigkeit von der Farbe des Lichtes, als auch von der Intensität des galvanischen Stromes, der die Erscheinungen hervorruft.

Ich bediente mich dabei zur Messung der jedesmal erzeugten Drehung eines Verfahrens, welches nicht allein für eine bestimmte Farbe ein genaues Maafs zuläfst, sondern die Ausdehnung der Untersuchung auf die gleichzeitige Bestimmung der Drehung jeder beliebigen Farbe von irgend einer Wellenlänge gestattet. Das Verfahren ist das, welches zuerst für die Bestimmung der Drehung der Polarisationsebene verschiedener Farben in circularpolarisirenden Medien von Broch [2]) angegeben, dann aber auch bei der genaueren Untersuchung der bei verschiedenen Polarisationserscheinungen hervortretenden chromatischen Phänomene benutzt worden ist. Die Beschreibung der Anordnung des zu meinen Versuchen benutzten Apparates wird die Anwendung der Broch'schen Methode bei den von mir angestellten Beobachtungen am besten erläutern. Sie war im Wesentlichen Folgende:

1) *Ann. de chimie et de physique T. XXVIII.* 283.
2) Dove's Repertorium Bd. VII, S. 113.

Von dem Spiegel eines kleinen August'schen Heliostaten wurde Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer reflectirt. In der Richtung der Lichtstrahlen befand sich zunächst ein schmaler senkrechter Spalt und unmittelbar hinter demselben der Polarisationsapparat, bestehend aus einem dem Spalt zugekehrten feststehenden (*a*) und einem zweiten um seine Axe beweglichen Nicol'schen Prisma (*b*). Das zweite Prisma (*b*) trug einen auf einem getheilten Kreise beweglichen Nonius, der den zwölften Theil eines Grades direct abzulesen gestattete. Zwischen beiden Nicols wurde die Substanz eingeschaltet, deren Drehkraft untersucht werden sollte. Etwa 6 bis 8 Fuſs hinter dem zweiten Nicol'schen Prisma (*b*) befand sich ein vor dem Objectiv eines etwa funfzehn Mal vergröſsernden Galilaeischen Fernrohres befestigtes um seine Längsaxe drehbares Prisma von Flintglas, welches die durch den vorgestellten Polarisationsapparat hindurchgegangenen Strahlen auffing. Hatte man demnach in den letzteren eine drehende Substanz, etwa Terpenthinöl eingeschaltet, so wurde zunächst das einfallende *weiſse* Licht durch das erste Nicol (*a*) in einer bestimmten Ebene polarisirt, sodann wurde durch das drehende Medium die Polarisationsebene abgelenkt, und zwar geschah dieſs für die verschiedenen Farben verschieden stark. Ging nun das Licht durch das zweite Nicol (*b*), so wurde durch dieses diejenige Farbe ausgelöscht, deren Polarisationsebene senkrecht auf seiner Schwingungsrichtung stand. Es gelangte demnach durch den Polarisationsapparat in das Flintglasprisma nur der zurückgebliebene Theil des weiſsen Lichtes. Das durch das Prisma gebildete, und durch das dahinter befindliche Fernrohr zu beobachtende Spectrum zeigte daher auch nur die durch den Polarisationsapparat hindurchgegangenen Farben, und zwar mit gröſserer oder geringerer Helligkeit, je nachdem ihre Schwingungsrichtung weniger oder mehr gegen die Schwingungsrichtung des zweiten Nicols geneigt war. An der Stelle der durch letzteres ausgelöschten Farbe fand sich im Spectrum ein schwarzer Strich. Dreht man nun das

Nicol (*b*), so wandert dieser Strich von einem Ende des Spectrums zum andern, indem das Nicol nach einander auf den Polarisationsebenen der verschiedenen Farben senkrecht zu stehen kommt, sie also nach einander auslöscht. Bei richtiger Einstellung des Flintglasprisma (auf das Minimum der Ablenkung der Strahlen) und des Fernrohres ist es leicht zu erreichen, dafs in dem unverletzt gebliebenen Theil des Spectrums die einzelnen Fraunhofer'schen Linien scharf und deutlich zu sehen sind. Stellt man demnach das Fadenkreuz des Fernrohres auf irgend eine Bestimmte dieser Linien ein, und dreht das zweite Nicol'sche Prisma (*b*) so lange, bis der schwarze Strich im Spectrum mit dem Fadenkreuz, also auch mit der beobachteten Linie zusammenfällt, so giebt der Winkel, um den das Nicol gedreht werden mufste, den Drehungswinkel der Wellenlänge an, welche jener Fraunhofer'schen Linie entspricht. Auf diese Weise ist es leicht, die Drehung für die verschiedenen Wellenlängen, zunächst also für die Linien *C. D. E. b. F. G.* zu bestimmen, wie diefs auch schon von Broch bei der Untersuchung der optischen Eigenschaften von gegen die Hauptaxe senkrecht geschliffenen Bergkrystallplatten geschehen ist.

Zur Prüfung der Genauigkeit dieser Methode untersuchte ich Citronenöl und verschiedene Sorten Terpenthinöl auf ihr Drehvermögen. Die Flüssigkeiten befanden sich in Röhren, von denen die eine I., 201,5^{mm}, die andere II., 210^{mm} lang war. Dieselben waren vorn und hinten durch parallele Glaswände geschlossen. Die gefundenen Werthe der Drehungswinkel wurden stets durch die Länge der Röhre dividirt und mit 100 multiplicirt, so dafs die im Folgenden angegebenen Zahlenwerthe das Drehungsvermögen einer Flüssigkeitsschicht von 100^{mm} Länge bezeichnet.

Reines, in einem Strom von Wasserdampf rectificirtes Terpenthinöl ergab hierbei folgende Zahlen für die Linien

	C.	*D.*	*E.*	*b.*	*F.*	*G.*
Röhre I.	10,9	14,0	18,6	19,5	23,2	32,7
Röhre II.	10,9	14,1	18,8	19,7	23,2	32,8
Mittel	10,9	14,05	18,7	19,6	23,2	32,75.

Ungewöhnlicher Weise war der Sinn der Drehung zur Rechten, während das gewöhnliche Terpenthinöl die Polarisationebene zur Linken dreht. Dasselbe Terpenthinöl gab vor der Rectification sehr nahe dieselben Zahlen.

Ein anderes nicht rectificirtes Terpenthinöl zeigte ganz verschiedene Eigenschaften. Dasselbe drehte wie die gewöhnlich untersuchten Sorten die Polarisationsebene nach links, allein bei Weitem stärker als es sonst die gewöhnlichen Angaben zulassen. Für dieses Oel waren die Drehungswinkel der Linien

B.	*C.*	*D.*	*E.*	*b.*	*F.*	*G.*
21,5	23,4	29,3	36,8	38,3	43,6	55,9.

Aus den angeführten Zahlen sieht man von Neuem die grofse Verschiedenheit in der Molecularconstitution der unter dem gemeinsamen Namen des Terpenthinöls zusammengefafsten Substanzen.

Reines, wie das Terpenthinöl rectificirtes, Citronenöl gab folgende Zahlen für die Linien

B.	*C.*	*D.*	*E.*	*b.*	*F.*	*G.*
34,0	37,9	48,5	63,3	66,4	77,5	106,0.

Bei der zu verschiedenen Zeiten wiederholten Untersuchung derselben Oele unter sonst gleichen Bedingungen zeigte sich, dafs bei dem reinen Terpenthinöl die beobachteten Drehungswinkel nie mehr als $\frac{1}{12}^{0}$ vom Mittel differirten, beim Citronenöl indefs nur eine Sicherheit von $\frac{2}{12}$ bis $\frac{3}{12}^{0}$ verbürgt werden konnte. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen. Je stärker nämlich eine Substanz die Polarisationsebene dreht, desto weiter werden auch die Schwingungsebenen der verschiedenen Farben von einander zerstreut, ein desto kleinerer Theil des durch die drehende Substanz hindurchgehenden Lichtes wird also durch den Nicol (*b*) völlig ausgelöscht. Der schwarze Strich in dem Spectrum des Flintglasprismas, in welches das durch den Polarisa-

tionsapparat hindurchgegangene Licht zerlegt wird, wird daher viel schärfer begränzt, viel schmäler seyn, als es bei weniger drehenden Substanzen der Fall ist. Dagegen wird eine geringe Drehung des Nicols (*b*) ihn auch viel weniger von seiner Stelle im Spectrum rücken, und dadurch ist die Einstellung erschwert. Indem es nun viel leichter ist, bis auf $\frac{1}{12}^{0}$ genau die Mitte des breiteren Striches der weniger drehenden Substanzen durch Drehung des Nicols (*b*) auf das Fadenkreuz einzustellen, als eine ebenso scharfe Einstellung des langsam wandernden schmalen Striches der stärker drehenden Substanzen zu erzielen, konnten die Beobachtungen bei dem etwa nur halb so stark wie das Citronenöl drehenden Terpenthinöl viel zuverlässiger seyn als bei jenem. Bei den folgenden Untersuchungen daher, bei denen es auf sehr geringe Unterschiede ankam, welche durch galvanische Ströme in der Drehung bewirkt wurden, bot die Anstellung der Versuche mit Terpenthinöl weit mehr Sicherheit dar.

Betrachten wir die oben aufgefundenen Zahlen für reines Terpenthinöl und Citronenöl, so zeigt sich an ihnen, ebenso wie dieſs von Broch schon bei seiner Untersuchung am Bergkrystall erwiesen, daſs das von Biot aufgestellte Gesetz, nach welchem der Rotationswinkel umgekehrt proportional dem Quadrat der relativen Wellenlängen seyn soll, auch bei den hier angewandten Substanzen durchaus nicht streng gültig ist. Unter Anwendung der von Fraunhofer angegebenen Wellenlängen [1]) würde das Product des Drehungswinkels ϱ in das Quadrat der Wellenlänge l für die Linien *C. D. E. F. G.* seyn:

	für	*C.*	*D.*	*E.*	*F.*	*G.*	Mittel.
Terpenthinöl	$\varrho l^2 =$	4690	4871	5184	5471	6044	5252
Citronenöl	$\varrho l^2 =$	1631	1683	1751	1823	1926	1769.

1) Dieselben sind für *C* 0,000656
D 0,000589
E 0,000526
F 0,000485
G 0,0004296.

Nähme man den mittleren Werth der zu den 5 Linien gehörigen Werthe von ϱl^2 als constant, und berechnete danach die Drehungswinkel, so würden dieselben seyn.

	für	*D*	*C.*	*E.*	*F.*	*G.*
im Terpenthinöl	$\varrho =$	12,2	15,2	18,9	22,3	28,5
Citronenöl	$\varrho =$	41,1	51,0	63,9	75,2	96,0.

Auch die von Biot angegebenen Wellenlängen [1]) würden die Differenzen nicht erklären, denn nach ihnen würde ϱl^2

	für	*C.*	*D.*	*G.*	
Terpenthinöl	$\varrho l^2 =$	3794	4422	6044	
Citronenöl	$\varrho l^2 =$	1203	1821	1956	seyn.

Man sieht, dafs die Differenzen zwischen den Werthen zu bedeutend sind, um irgend wie etwaigen Fehlern in der Beobachtung zur Last zu fallen.

Um nun den Einflufs des galvanischen Stromes auf die Drehung der Polarisationsebene zu untersuchen, wurde statt der mit Terpenthinöl oder einer anderen drehenden Substanz gefüllten Röhre eine Drahtrolle in der Weise zwischen die beiden Nicol'schen Prismen des oben beschriebenen Apparates gelegt, dafs ihre Axe genau mit der Verbindungslinie der Centren beider Prismen zusammenfiel. In der Axe der Drahtrolle wurde diejenige Substanz befestigt, welche dem Einflufs des Stromes unterworfen werden sollte.

Obgleich man auf diese Weise unter Anwendung einer einfachen Drahtrolle bedeutend schwächere Wirkungen erhält, als wenn man sich zur Anstellung der Versuche eines Elektromagneten bedient, zwischen dessen Pole die Substanz gebracht wird, so schien es mir zweckmäfsiger, mich an die erst beschriebene Methode zu halten. Vorzüglich bewog

1) Dieselben sind nach Biot für *C* 0,00059
D 0,00056
E } —
F }
G 0,00043.

wog mich dazu die Unsicherheit, in welcher wir uns noch stets in Betreff unserer Kenntnifs über die Magnetisirung von Eisenmassen vermittelst des galvanischen Stromes befinden, und die Schwierigkeit, den durch verschiedene Stromintensitäten im Elektromagneten erregten Magnetismus genau zu messen, um so mehr als durch die neueren Versuche von Müller [1]) nachgewiesen ist, dafs man in keiner Weise eine Proportionalität des Magnetismus mit der Stärke des ihn erzeugenden Stromes annehmen kann.

Die zu den Versuchen benutzte Drahtspirale bestand aus zwei gleichen Rollen, deren jede etwa 6 Pfund Kupferdraht von 2,3^{mm} Dicke enthielt, die Rollen wurden hinter einander so aufgestellt, dafs ihre Axen in einer Richtung lagen. Sodann hatten sie zusammen etwa eine Länge von 9″.

Die Drahtwindungen beider Rollen wurden so verbunden, dafs der Strom einer galvanischen Säule den auf ihnen befindlichen Draht in seiner ganzen Länge, die etwa 187^{mm} betrug, durchlaufen mufste. Der Strom selbst, erregt durch eine Batterie von bis zu 30 theils Grove'schen, theils Bunsen'schen, theils Eisen-Zink-[2]) Elementen, ging zunächst, ehe er in die Spiralen trat, in einen Gyrotrop, der seine Richtung zu ändern erlaubte. Ein abgezweigter Theil des Stromes durchlief den Draht einer Tangentenbussole, durch deren Angabe die Stromintensität bestimmt war.

Ich unterwarf zunächst der Untersuchung eine an und für sich nicht die Polarisationsebene ablenkende Substanz, Schwefelkohlenstoff [3]). Da indefs bei dieser, wie bei den übrigen Körpern die durch den galvanischen Strom hervorgebrachte Drehung nur wenige Grade betrug, so ist es, selbst wenn die Ablenkung der Polarisationsebene für die ver-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 337.

2) Letztere waren ganz wie die Grove'schen Elemente construirt, nur dafs in ihnen das Platin durch Eisen ersetzt war.

3) Leider hatte das mir zu Gebote stehende Stück Faraday'schen Glases nicht ganz parallele Endflächen, so dafs es sich zu Beobachtungen der Drehung auf die angeführte Art nicht gut eignete.

schiedenen Farben verschieden wäre, unmöglich, die Beobachtungen genau anzustellen. Wenn nämlich in diesem Fall die Polarisationsebene des zweiten Nicols (*b*) auf der Polarisationsebene einer Farbe senkrecht steht, diese also völlig im Spectrum erlischt, so sind doch die Schwingungsebenen der übrigen, nur wenig mehr oder weniger gedrehten Farben so schwach gegen die der ersten geneigt, dafs auch sie fast völlig verdunkelt werden, und so das ganze bei der nachherigen Zerlegung des Lichtes im Flintglasprisma erhaltene Spectrum undeutlich wird. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, legte ich vor die mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Röhre, zwischen die beiden Nicol'schen Prismen, noch eine mit Terpenthinöl gefüllte zweite Röhre. Auf diese Weise addirte sich die Wirkung des Terpenthinöls zu der durch den Strom hervorgerufenen Wirkung des Schwefelkohlenstoffs, welche letztere die vom Terpenthinöl genügend im Kreise vertheilten Polarisationsebenen der verschiedenen Farben nur etwas mehr von ihrer Stellung ablenkte. Bei der Beobachtung wurde daher zuerst der im Spectrum durch das Terpenthinöl erscheinende schwarze Strich genau auf eine vorher mit dem Fadenkreuz des Fernrohrs eingestellte bestimmte Fraunhofer'sche Linie gebracht; sodann wurde der Strom eingesetzt, wodurch der schwarze Strich von seiner Stelle rückte, und nun das zweite Nicol'sche Prisma so lange gedreht, bis der Strich wieder seine erste Lage einnahm. Die Gröfse der hierzu nöthigen Drehung gab die durch den Strom im Schwefelkohlenstoff erzeugte Ablenkung der der betreffenden Fraunhofer'schen Linie entsprechenden Wellenlänge. Es zeigte sich auf diese Weise bei Anwendung verschiedener Stromintensitäten das von Faraday aufgestellte Gesetz bestätigt, dafs die Drehung proportional der Stromintensität ist. Diefs Gesetz gilt für alle beobachteten Wellenlängen. Ein Beispiel von der Richtigkeit desselben möge die nachfolgende Beobachtungsreihe geben. Es sey in derselben *w* der an der Tangentenboussole abgelesene Winkel, *i* die Stromintensität, und die unter den Rubriken *D*, *E*, *b*, *F* stehenden Zahlen die

den ebenso benannten Fraunhofer'schen Linien entsprechende Ablenkung.

Beobachtet.

w.	i.	D.	E.	b.	F.
14,5°	260	0,7	1,1	1,1	—
18	325	1	1,25	—	—
20	364	1	1,3	1,4	1,5
21,5	394	1,2	1,7	1,75	1,9
24,5	456	1,4	1,75	2,0	2,3
27,5	521	1,5	2,2	2,25	2,5

Ist nun das Faraday'sche Proportionalgesetz richtig, so mufs stets, wenn i die Intensität c, d, e die zu den entsprechenden Fraunhofer'schen Linien gehörigen Drehungen, k_c, k_d... Constante sind, die zu eben jenen Linien durch die Beobachtung zu bestimmen sind:

$$(1) \quad b = k_b i \quad d = k_d i \quad e = k_e i \ldots \text{ seyn.}$$

Nehmen wir das Mittel sämmtlicher zu jeder Wellenlänge beobachteten Drehungen, welches d_m, e_m bezeichnet werde, und ebenso das Mittel sämmtlicher zu jenen Drehungen erforderlichen Intensitäten, welches i_m heifse, so mufs auch

$$(2) \quad d_m = k_d i_m \quad e_m = k_e i_m \ldots \text{ seyn,}$$

daher bei der Elimination der Constanten k aus (1) und (2)

$$d = \frac{d_m i}{i_m} \quad e = \frac{e_m i}{i_m} \ldots$$

In dieser Weise berechnet sich für die oben angeführte Tabelle die Ablenkung der einzelnen Linien D, E, b, F für die beobachteten Intensitäten.

Berechnet.

i.	D.	E.	b.	F.
260	0,6	1,1	1,2	—
325	1,0	1,3	—	—
364	1,0	1,4	1,5	1,7
394	1,15	1,6	1,7	1,9
456	1,35	1,8	1,9	2,2
521	1,54	2,1	2,2	2,5

Es stimmen diese Zahlen im Ganzen gut mit den beobachteten überein.

Durch die Beobachtungen zeigt sich ferner, dafs die Drehung bei derselben Stromstärke für die verschiedenen Wellenlängen durchaus nicht gleich ist, dieselbe vielmehr für die Farben mit gröfserer Wellenlänge, also für Roth und Gelb bedeutend kleiner ist, als für die mit kleinerer Wellenlänge begabten Farben, Grün und Blau; und zwar nimmt die Drehung mit abnehmender Wellenlänge stetig zu. Die Mittel der verschiedenen Beobachtungen ergaben hierbei die relative Drehung der verschiedenen Wellenlängen bei derselben Stromstärke entsprechend den Werthen:

C[1])	*D.*	*E.*	*b.*	*G.*	*F.*
2,10	2,96	3,98	4,20	4,72	6,57.

Eine feste, bestimmte und einfache Beziehung zwischen der Wellenlänge und der Drehung aufzufinden, gelang mir nicht; die Erlangung eines derartigen Gesetzes war auch nicht gut zu erwarten, in sofern sich selbst bei den an und für sich die Polarisationsebene drehenden Körpern gleichfalls ein solches nicht hinstellen läfst. Um indefs zu zeigen, dafs hier, wie bei Terpenthinöl ein stetiges Wachsen des Productes aus dem Quadrat der Wellenlänge l^2 in den Drehungswinkel ϱ vom rothen Ende des Spectrums zum blauen hin stattfindet, führe ich die gebildeten Producte an, für

	C.	*D.*	*E.*	*b.*	*F.*	*G.*
$\varrho l^2 =$	9,1	102	110	—	112	121

Nachdem das Proportionalitätsgesetz, welches zwischen der Drehung der Polarisationsebene und der Intensität des sie hervorrufenden Stromes stattfindet, bei einer Substanz geprüft war, die für sich allein die Polarisationsebene nicht ablenkte, hielt ich es nicht für unwahrscheinlich, dafs es gelingen würde, bei Körpern, welche an und für sich schon drehende Eigenschaften haben, eine Beziehung zwischen dem

1) Wegen der Dicke der vom Licht zu durchlaufenden Flüssigkeitsschicht ist bei diesen Versuchen der Werth für *C* nicht ganz zuverlässig, indem das Spectrum an der Stelle der Linie *C* schon sehr dunkel ist.

schon vorhandenen Drehvermögen für die einzelnen Wellenlängen und der Gröfse der durch den galvanischen Strom bewirkten Ablenkung aufzufinden. Eine einfache Beziehung der Art lag bei den in Rede stehenden Substanzen viel näher, als bei den nicht drehenden Körpern, in sofern uns bei ersteren wenigstens in dem Rotationsvermögen ein Anhalt für vergleichende Beobachtungen mit verschiedenen Wellenlängen geboten ist, während wir über das optische Verhalten der letzteren, namentlich in Bezug auf das der verschiedenen Farben in ihnen, bis jetzt nur höchst unvollkommene Kenntnifs haben. Um daher auf diesem Wege zu versuchen, ob nicht ein bestimmtes Gesetz zu erlangen sey, fügte ich in die Axe der Spiralen statt der Röhre voll Schwefelkohlenstoff eine mit Terpenthinöl gefüllte Röhre, beobachtete nach der schon oben erwähnten Weise die Drehung der Linien $C \ldots G$ zuerst für sich und sodann unter dem Einflufs des galvanischen Stromes, dessen Intensität bestimmt wurde. In dieser Weise fand ich, dafs bei *constanter* Stromintensität, die durch den galvanischen Strom erzeugte Drehung proportional ist der schon vorhandenen Ablenkung der Polarisationsebene für jede einzelne Wellenlänge. Bei *verschiedener* Stromintensität waren auch hier die Drehungen der Intensität selbst proportional.

Nennt man in Folge dieser Gesetze die schon vorhandene Drehung für die Linien C, $D \ldots G$, Δ_c, $\Delta_d \ldots$; die durch den galvanischen Strom erzeugte Drehung derselben Linien c, d, $e \ldots g$, so ist bei constanter Stromintensität

$$(1) \quad c = A\Delta_c, \; d = A\Delta_d \ldots .$$

wo A eine von der Stromstärke und der Natur der dem Versuch unterworfenen Substanz abhängige Constante ist. Ist ferner i die Stromintensität, so ist in Folge des Faraday'schen Proportionalitätsgesetzes auch

$$A = ai,$$

wo die Constante a jetzt nur von der Beschaffenheit des untersuchten Körpers abhängt. Setzen wir dieſs in die Gleichungen (1) ein, so erhalten wir $c = ai\Delta_c$, $d = ai\Delta_d$

oder allgemein, die galvanische Drehung l für eine Wellenlänge λ, deren Polarisationsebene für sich schon um $\Delta\lambda$ gedreht ist,

$$l = a i \Delta\lambda.$$

Um zunächst die Richtigkeit des Faraday'schen Gesetzes zu zeigen, führe ich eine Beobachtungsreihe an, der die, ganz wie es beim Schwefelkohlenstoffe geschehen war, berechneten Werthe beigefügt sind. Die Bezeichnungen w, i u. s. f. haben hier dieselben Bedeutungen wie dort.

Berechnet n. d. Formel $d = \frac{d_m i}{i_m}$.

w.	i.	δ.	d.	E.	b.	F.	C.	D.	E.	b.	F.
23,5	0.435	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,4	0,5	0.7	0,75	0,9
33,0	0,650	—	0,7	1,0	1,15	1,4	—	0,8	1,0	1,1	1,3
40	0,839	—	1,0	1,4	1.45	1,70	—	1,0	1,35	1,4	1,7
44	0,966	0,8	1,25	1,5	1,6	1,85	0,9	1,2	1,55	1,65	1,9
48	1,111	1,0	1,3	1,7	1,8	2,1	1,05	1,3	1,80	1,90	2,2
52,5	1,280	—	1:7	2,2	2,3	2,7	—	1,6	2,10	2,2	2,6

Berechnet man aus sämmtlichen Beobachtungen das Mittel der Drehungen für die Stromintensität $= 1$, so erhält man das relative Verhältnifs der Ablenkungen der Linien

	C.	D.	E.	b.	G.
$\delta =$	0,91	1,21	1,61	1,70	2,00.

Die an und für sich bestehenden Drehungen der Polarisationsebenen der jenen Linien entsprechenden Wellenlängen betrugen bei dem zu den Versuchen verwendeten Terpenthinöl respective

	C.	D.	b.	E.	G.
$d =$	22,5	29,4	39,25	41,1	48,7.

Sollen nun die durch den galvanischen Strom hervorgerufenen Ablenkungen bei den einzelnen Wellenlängen diesen Drehungen proportional seyn, so mufs der Quotient aus beiden $\frac{\delta}{d}$ für alle Linien derselbe seyn. Er ist aber für

C.	E.	D.	b.	F.
4,07	4,12	4,10	4,14	4,12.

Diese Zahlen stimmen so gut überein, dafs man das Gesetz der Proportionalität der durch den galvanischen Strom hervorgebrachten Ablenkungen der Polarisationsebene der verschiedenen Wellenlängen mit ihrer ursprünglich schon vorhandenen Drehung im Terpenthinöl wohl als richtig annehmen kann. Ob dasselbe jedoch für gröfsere Ablenkungen seine Gültigkeit völlig behält, ob nicht dann noch neue, das Auftreten des einfacheren Gesetzes verwickelnde Bedingungen hinzutreten, wenn die freilich ziemlich eng gezogenen Gränzen der vorliegenden Versuche bedeutend überschritten werden, mag für jetzt dahin gestellt bleiben. Ebenso mufs es weiteren Beobachtungen vorbehalten seyn, die Wirkung von Eisenhüllen zu erforschen, in welche die dem galvanischen Einflufs ausgesetzten Substanzen eingeschlossen werden. Die hier einschlagenden Versuche setzen eben jene genauere Kenntnifs des elektromagnetischen Verhaltens von Eisenmassen voraus, deren Mangel wir schon oben hervorhoben.

Demnach möchte die vorliegende Untersuchung folgende Thatsachen als sicher hingestellt haben:

1) Das Gesetz von Biot, nach welchem die Drehung der Polarisationsebene einer Farbe umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Wellenlänge ist, bewährt sich ebenso unvollkommen beim Terpenthinöl und Citronenöl wie beim Bergkrystall.

2) Das von Faraday aufgestellte Gesetz, nach welchem die Ablenkung der Polarisationsebene der Intensität des sie erzeugenden Stromes proportional ist, bewährt seine Gültigkeit sowohl bei an und für sich drehenden Substanzen, als auch bei Körpern, welche für sich nicht die Polarisationsebene des Lichtes ablenken.

3) Die Ablenkung der Polarisationsebene der *verschiedenen* Farben durch den galvanischen Strom ist bei drehenden wie bei nicht drehenden Substanzen um so gröfser, je kleiner die Wellenlänge der betreffenden Farbe ist. Bei *drehenden* Substanzen, wie beim Terpenthinöl, ist diese Ablenkung proportional der schon durch die Substanz für

sich hervorgerufenen Drehung der Polarisationsebene jeder einzelnen Farbe.

V. *Drei und zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität;* *von Michael Faraday.*

(Schlufs von S. 89 des vorigen Hefts.)

2676. Aus dem zuvor (2667) Gesagten wird erhellen, dafs diefs, sowohl der Theorie als der Erfahrung nach, die Punkte sind, in welchen die Wirkung jeglicher Polarität, der magnetischen oder diamagnetischen, durchaus Null seyn würde. Dadurch vermag man dann mittelst dieser Maschine Metalle und andere Körper dem Versuch zu unterwerfen und die Wirkungen der magnetischen Polarität und der Induction von einander zu sondern, denn diefs kann entweder durch den Commutator oder durch die Richtung der Polarität geschehen; auch können sie in verschiedener Weise combinirt werden, um ihre getrennte und vereinte Wirkung zu erläutern.

2677. Gesetzt es stellen in Fig. 4. Taf. II. die Pfeile den Hin- und Hergang vor und die Durchschnitte der Linien *a*, *b*, oder *c*, *d* u. s. w. die Punkte des Ganges, wo der Commutator auswechselt, (in welchem Fall *c*, *d* mit 50|50 und *ef* mit 86|14 übereinkommt), so wird *a*, *b* die Bedingung des Commutators für den Maximum-Effect von Eisen oder irgend einem anderen polaren Körper entsprechen. Wird die Linie *ab* langsam gedreht, bis sie *cd* parallel kommt, so wird sie in jeder Lage Punkte des Commutator-Wechsels anzeigen, welche am Galvanometer den Eisen-Effect durch eine Ablenkung stets in einerlei Rich-

tung geben. Nur wenn die Enden *a* und *b* die Punkte *c* und *d*, entweder oben oder unten, überschritten haben, wird die Richtung der Ablenkung beim Eisen sich ändern. Allein die Linie *a*, *b* zeigt diejenigen Punkte für den Commutator an, bei welchen durch eine Induction von *Strömen* in der Masse des Kerns keine Wirkung auf das Galvanometer hervorgebracht wird. Neigt die Linie in einer Richtung, wie *ik*, so werden diese Ströme eine Ablenkung des Galvanometers nach der einen Seite bewirken; neigt sie nach der andern Seite, wie *lm*, so wird die Ablenkung die entgegengesetzte seyn. Deshalb können die Wirkungen dieser inducirten Ströme mit denen einer Polarität, der magnetischen oder diamagnetischen, combinirt oder in Gegensatz gestellt werden.

2678. Alle zuvor (2655) erwähnten Metalle, namentlich Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Platin, Antimon und Wismuth wurden, unter der besten Ajustirung des Commutators (2675), der Kraft des Magnets unterworfen. Die Wirkungen stärker als zuvor, waren ein Maximum, aber von gleicher Ordnung. Was Antimon und Wismuth betrifft, so waren sie sehr gering und betrugen nicht mehr als einen halben Grad; wahrscheinlich entsprangen sie aus einem Rückstande von unregelmäfsiger Wirkung in einigen Theilen des Apparats. Alle Versuche mit zertheilten Kernen (2658 etc.) wurden wiederholt und mit demselben Erfolg wie zuvor. Phosphor, Schwefel und Gutta-percha gaben, weder bei diesem noch bei dem früheren Zustande des Commutators, irgend eine Anzeige von Wirkung auf das Galvanometer.

2679. Um die Weise, in welcher diese Einstellung des Commutators die Trennung der Effecte des Kupfers und Eisens bewirkt, zu erläutern, bereitete ich einen Kupfercylinder von 2 Zoll Länge mit einem Eisendraht in seiner Axe; dieser, in dem Apparat angewandt, gab den reinen Effect des Kupfers mit seinen inducirten Strömen. Allein als Ganzes war dieser Kern stark magnetisch gegen eine gewöhnliche Magnetnadel; und wenn die beiden Auswechs-

lungen des Commutators nicht gleichen Abstand von dem einen oder andern Ruhepunkt (2670. 2677) hatten, trat der Eisen-Effect kräftig hervor, überwältigte den früheren und bewirkte eine starke Ablenkung der Nadel im entgegengesetzten Sinn. Der von mir angewandte Platinkern war ein unvollkommener Cylinder von 2 Zoll Länge und 0,62 Zoll Dicke. Zwischen den Polen eines hufeisenförmigen Elektromagnets (2381) richtete er sich magnetisch, machte eine Schwingung in weniger als einer Sekunde; allein bei der obigen Einstellung des Commutators (2675) gab er 4° Ablenkung, herrührend von inducirten Strömen, da der magnetische Effect vernichtet oder ausgemerzt war.

2680. Zur Bestätigung der früheren Schlüsse (2677) wurden auch einige combinirte Effecte durch schiefe Einstellung der Commutatorpunkte hervorgebracht. Wenn der Commutator so eingestellt wurde, dafs jegliche Polarkraft, welche das Wismuth als diamagnetischer Körper besitzen möchte, combinirt war mit jeglichem Leitungsvermögen, welche die Bildung von Inductionsströmen in seiner Masse verstatten würde (2676), so waren die Effecte so klein und unsicher, dafs ich genöthigt bin zu sagen: es ist experimentell ohne polare oder inductive Wirkung.

2681. Es läfst sich noch eine andere Unterscheidung aufstellen zwischen den Wirkungen einer wahren, andaurenden Polarität, sey es eine magnetische oder diamagnetische, und denen eines vorübergehenden, von der Zeit abhängigen Inductionsstroms. Betrachten wir den Widerstand der Drahtleitung, welche die kleine Rolle und das Galvanometergewinde einschliefst, als Null, so wird ein Magnetpol von constanter Stärke, der bis zu einer gewissen Tiefe in die kleine Drahtrolle geschoben wird, einen gleich grofsen Elektricitätsstrom hervorbringen, er mag schnell oder langsam hineingeschoben werden. Wird ein Eisenkern angewandt (2668), so ist das erzeugte Resultat dasselbe, sobald nur bei jeder abwechselnden Wirkung der Kern lange genug an den Enden seiner Wanderung gelassen wird, um beim langsamen oder beim schnellen Wech-

sel denselben Zustand anzu[illegible]n. Dieses fand ich wirklich so, wenn kein Commuta[illegible] oder Elektromagnet angewandt wurde. Ein einmaliges Hineinschieben eines schwachen Magnetpols gab dieselbe Ablenkung, es mochte schnell oder langsam geschehen. Und wenn der Elektromagnet mit rückständiger Kraft (*the residual dominant magnet*), ein Eisendraht-Kern, und der Commutator in seiner Lage *ab* (2677) angewandt ward, gaben vier Hin- und Hergänge *dieselbe* Wirkung am Galvanometer, die Geschwindigkeiten mochten wie 1:5 oder selbst wie 1:10 seyn.

2682. Wird statt des Eisens ein Kern von Kupfer, Silber oder Gold angewandt, so ist die Wirkung ganz anders. Was den Kern selbst betrifft, so hat man keinen Grund zu zweifeln, dafs durch einen Hin- und Hergang derselbe Betrag von Elektricität in Form von in ihm circulirenden Inductionsströmen erregt werde, dieser Gang möge schnell oder langsam bewerkstelligt werden. Der obige Versuch (2681) bestätigt in der That einen solchen Schlufs. Allein die auf die Drahtrolle ausgeübte Wirkung ist nicht proportional dem ganzen Betrage dieser Ströme, sondern den Maximum-Intensitäten, zu welchen sie sich erheben. Bewegt der Kern sich langsam, so ist die Intensität klein; bewegt er sich rasch, so ist sie grofs, und zwar nothwendig, denn ein- und derselbe Elektricitäts-Strom hat in den beiden verschiedenen Perioden der von der ganzen Reise eingenommenen Zeit zu circuliren. Darnach mufs der schnell bewegte Kern einen weit höheren Effect auf die kleine Drahtrolle ausüben als der langsam bewegte; und diefs fand ich auch wirklich so.

2683. Ich versah den Apparat mit dem kurzen Kupferkern und liefs die Maschine mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit arbeiten bis vierzig Hin- und Hergänge vollendet waren. Die Galvanometernadel wich 39° westlich ab. Dann liefs ich die Maschine mit gröfserer Schnelligkeit ebenfalls 40 Hin- und Hergänge vollziehen; die Nadel wich um 80° oder mehr nach Westen; endlich vollzog sie dieselbe Zahl von Gängen mit geringerer Geschwin-

digkeit, und die Nadel [redacted]nur 21° nach Westen. Die äufsersten Geschwindigkei[redacted]bei diesem Versuch verhielten sich wahrscheinlich wie 1 : 6; die Zeit in dem längsten Fall war bedeutend kürzer als die einer Schwingung der Nadel (2651), so dafs, glaube ich, in dem langsamsten Falle alle Kraft gesammelt war. Die Nadel wird, vermöge der tödtenden Wirkung der unter ihr befindlichen Kupferplatte, sehr wenig durch den Schwung oder das Moment ihrer Theile afficirt, und, mit Ausnahme der Rückkehr zum Nullpunkt, bewegt sie sich nach aufhörender Bewegung des Apparats sehr wenig. Ein Silberkern giebt dieselben Resultate.

2684. Diese Effecte inducirter Ströme haben eine Beziehung zu den früher (2310. 2315. 2338) von mir beschriebenen Revulsions-Erscheinungen, indem sie in ihrer erregenden Ursache und ihren Wirkungsprincipien gleich sind, und so bestätigen und erläutern beide Reihen von Erscheinungen einander. Dafs die Revulsious-Phänomene durch Inductionsströme hervorgebracht werden, ist früher (2327. 2329. 2336. 2339) gezeigt worden; der einzige Unterschied ist der, dafs bei ihnen die Inductionsströme erzeugt werden durch die Verstärkung der Kraft eines Magnets, der in festen Abstande von dem afficirten Metall befindlich ist; während bei den vorliegenden Phänomenen, die Kraft des Magnets unverändert bleibt, und nur sein Abstand von dem Metallstück verändert wird.

2685. Dieselben Umstände, welche die Revulsionsphänomene afficiren, thun es auch bei den vorliegenden Erscheinungen. Eine Metallplatte, als Ganzes, erleidet eine gute Revulsions-Wirkung, wird sie aber quer gegen den Lauf der Inductionsströme eingeschnitten (*divided*), so wird sie nicht afficirt (2529). Ein Ringgewinde (*ring helix*) von Kupferdraht zeigt die Erscheinung nicht, wenn seine Enden unverbunden sind, wohl aber, wenn sie verknüpft sind (2660).

2686. Im Ganzen sind die Revulsions-Phänomene ein weit besseres Prüf- und Anzeigemittel für diese Ströme als

die vorliegenden Erscheinungen, besonders wenn man den Vortheil der Zertheilung der Massen in Platten benutzt, um so eine analoge oder bessere Wirkung als mit den cylindrischen Kernen aus Scheiben (2659. 2661) zu erhalten. Platin, Palladium oder Blei, in Blattform, zu Quadraten von einem Zoll in Seite zerschnitten und dann regelmäfsig zusammengepackt, zeigt die Revulsions-Erscheinungen sehr gut, und zwar gemäfs der Richtung der Blätter, nicht nach der äufseren Gestalt. Gold, Silber, Zinn und Kupfer zeigen die Revulsions-Erscheinungen in höherem Grade. Antimon, wie ich bereits nachgewiesen, giebt eine gute Wirkung (2514. 2519). Bei diesem und beim Wismuth lassen sich die erregten Inductionsströme nachweisen, wenn man sie als dünne Platten oder Packete von Platten anwendet, obwohl, um den Einflufs der diamagnetischen Kraft zu vermeiden, etwas Aufmerksamkeit erforderlich ist auf die Momente der Herstellung und Unterbrechung des Contacts zwischen der Volta'schen Batterie und dem Elektromagnet.

2687. Beim Kupfer, wenn es so in Platten zertheilt ist, sind die Revulsions-Erscheinungen in einem Grade gesteigert, wie ich es bis dahin noch nicht gesehen. Ein Stück Kupferfolie, durch Erhitzung angelassen und angelaufen, wurde zu einem quadratischen Klötzchen von 0,5 Zoll in Seite und 0,25 Zoll Dicke zusammengefalzt; diefs Klötzchen, welches 72 Lagen enthielt, wurde wie früher (2248) an einem Seidenfaden aufgehängt, und, während es etwa einen Winkel von 30° mit der Aequatoriallinie (2252) bildete, der Elektromagnet erregt; sogleich drehte es sich weiter bis der Winkel etwa 45° oder 50° war; dann stand es still. Bei Unterbrechung des elektrischen Stromes an dem Magnet trat die Revulsion sehr stark hervor, indem der Klotz sich wieder drehte, durch die Aequatoriallinie ging, und dieselbe überschritt bis er auf der anderen Seite einen Winkel von 50° oder 60° bildete; allein, statt fortzufahren, in dieser Richtung sich zu drehen wie früher (2315), kehrte er zurück, ging wieder durch die Aequatoriallinie, und erreichte

fast die Axialstellung, ehe er still stand. In der That schwang er als Masse hin und her um die Aequatoriallinie.

2688. Diefs ist jedoch ein einfaches Resultat der früher (2329. 2336) entwickelten Wirkungsprincipien. Die Revulsion entspringt aus der Erregung von Inductionsströmen in der aufgehängten Masse während der Abnahme des Magnetismus im Elektromagnet, und die Wirkung geht dahin, die Axe dieser inducirten Ströme parallel zu stellen der Axe der Kraft in dem magnetischen Felde. Wenn also die Zeit der Abnahme der Magnetkraft und folglich der von ihr abhängigen Ströme gröfser ist als die Zeit, welche die Revulsion des Kupferklötzchens von der Aequatoriallinie aus einnimmt, so wird jede fernere aus dem Moment erfolgende Bewegung durch eine Gegenkraft gehemmt und wenn diese Kraft stark genug ist, kehrt der Klotz zurück. Das Leitvermögen des Kupfers und seine Zertheilung zu Blättern strebt diese Ströme mit grofser Leichtigkeit und ungewöhnlicher Kraft hervorzurufen; und eben diese Kraft macht die Schwingungszeit so kurz, dafs zwei oder selbst drei Schwingungen ausgeführt werden können, ehe die Kraft des Elektromagnets aufgehört hat weiter abzunehmen. Die Wirkung der *Zeit*, sowohl bei Zu- als bei Abnahme der Kraft, ist schon früher mehrmals (2170. 2650) bemerklich gemacht und hier ist sie sehr schön zu sehen.

2689. Was die angebliche Polarität des Wismuths betrifft, so kann und mufs ich auf einen von Reich angestellten und von Weber beschriebenen Versuch zurückkommen, welcher, wenn ich ihn recht verstehe, folgender ist. Ein starker Hufeisenmagnet ist auf einen Tisch gelegt in solcher Lage, dafs die seine Pole verbindende Linie winkelrecht auf dem magnetischen Meridian ist und als nach einer Seite hin verlängert gedacht wird. In dieser Linie und dem Magnet nahe wird eine kleine kräftige Magnetnadel an einem Seidenfaden aufgehängt, und an der anderen Seite von ihr der Pol eines Magnetstabes angebracht, in solcher Lage und so nahe, dafs er die Wirkung des

Hufeisenmagnets genau aufhebt und die Nadel genau dahin bringt, wo sie bei Anwesenheit beider Magnete seyn würde. Wenn dann eine Wismuthmasse zwischen die Pole des Hufeisenmagnets gelegt wird, soll sie auf die kleine Magnetnadel wirken und sie nach einer gewissen Richtung ablenken; und diefs wird als Anzeige einer Polarität des Wismuths angesehen, da keine solche Wirkung statthat, wenn die Magnete entfernt sind. Ein kleines Stück Eisen, an der Stelle des Wismuths, bewirkt eine entgegengesetzte Ablenkung der Nadel.

2690. Ich habe diesen Versuch aufs Aengstlichste und Sorgfältigste wiederholt, aber niemals die geringste Spur einer Wirkung mit dem Wismuth erhalten. Mit dem Eisen habe ich zwar eine Wirkung bekommen, allein in diesen Fällen war sie weit schwächer als wenn das Eisen aufserhalb zwischen dem Hufeisen und der Nadel angebracht war oder, bei gänzlicher Entfernung der Magnete, allein auf die Nadel wirkte. Bei Anwendung eines Granats oder sonst irgend einer schwach magnetischen Substanz konnte ich durchaus nicht finden, dafs diese Vorrichtung, was Schnelligkeit oder Empfindlichkeit der Angabe betrifft, vergleichbar sey mit dem Gebrauch einer gewöhnlichen oder einer astatischen Nadel, und deshalb kann ich nicht begreifen, wie sie zu einem Reagenz auf Polarität des Wismuths werden könne, wenn letztere dieselbe nicht mehr anzeigen. Vielleicht habe ich einen Irrthum begangen, wie wohl ich denselben weder aus der Beschreibung noch aus den Principien der Polarwirkung erkennen kann.

2691. Es giebt einen Versuch, welchen Plücker mir zugeschrieben hat, und welcher auf den ersten Blick eine starke Anzeige von Polarität des Wismuths zu liefern scheint. Wenn ein Stab von Wismuth oder Phosphor horizontal zwischen den Polen eines Elekromagnets aufgehängt wird, so geht er mit einer gewissen Kraft zu der Aequatorial-Lage, begiebt sich also, wie ich gesagt habe, aus stärkeren zu schwächeren Wirkungsorten (2267). Wird etwas unter der Ebene, in welcher der diamagnetische Stab sich

bewegt, ein Eisenstab von gleicher Gröfse in der aequatorialen Lage befestigt, so wird ersterer mit weit gröfserer Kraft als zuvor in die aequatoriale Lage gehen; man betrachtet diefs als einen Beweis, dafs der diamagnetische Körper an der Seite, wo das Eisen nordpolar ist, Südpolarität habe, und dafs an der anderen Seite die Südpolarität des Eisens mit einer Nordpolarität des Wismuths zusammenfalle.

2692. Es ist jedoch sehr einleuchtend, dafs die Linien der Magnetkraft durch die Gegenwart des Eisens genugsam in ihrer Intensität und Richtung (*Intensity of direction*) abgeändert werden, um die erhöhte Wirkung vollständig zu erklären. Denn betrachten wir den Stab, wie er eben diese axiale Lage verläfst, um in die aequatoriale überzugehen: Im Moment seines Ausganges befinden sich seine Enden an Orten stärkerer Magnetkraft als zuvor, denn es kann nicht einen Augenblick bezweifelt werden, dafs der Eisenstab mehr Kraft von Pol zu Pol des Elektromagnets hervorruft als ohne ihn vorhanden ist. Andererseits sind die Enden, wenn er die aequatoriale Lage erreicht hat, einer viel schwächeren Magnetkraft unterworfen als zuvor an *denselben* Orten; denn der Eisenstab lenkt auf sich viel von der Kraft herab, welche, bei seiner Abwesenheit, in der vom Wismuth eingenommenen Ebene vorhanden wäre. Wenn also der diamagnetische Stab durch 90° geht wird er von einer weit gröfseren Intensitätsdifferenz der Kraft angetrieben, wenn das Eisen da ist als wenn es fehlt, und daraus entspringt wahrscheinlich die ganze Verstärkung des Resultats. Die Wirkung ist ähnlich vielen anderen, welche ich bei der magnekrystallischen Wirkung erwähnt habe (2487—97) und liefert, wie ich glaube, durchaus keinen experimentellen Beweis für die Polarität des Wismuths.

2693. Endlich bin ich genöthigt zu sagen, dafs ich weder in meinen eigenen Versuchen, noch in der Wiederholung derer von Weber, Reich und Anderen, irgend einen experimentellen Beweis zur Stütze der Hypothese von einer diamagnetischen Polarität finden kann (2640). Ich

sage

sage nicht, dafs eine solche Polarität nicht existire; und ich würde es für möglich halten, dafs Weber durch weit empfindlichere Apparate als die meinigen eine Spur von ihr erhalten habe, wenn er nicht dann auch sicher die weit kräftigeren Wirkungen des Goldes, Kupfers, Silbers und anderer gut leitender diamagnetischer Körper bemerkt haben würde. Wenn Wismuth irgend eine Wirkung gäbe, so müfste sie sich durch die Lage des Commutators, durch Zertheilung oder Pülverung der Masse, durch den Einfluſs der Zeit u. s. w. zu erkennen geben. Es scheint mir auch, dafs wie die magnetische Polarität des Eisens und Nickels, in sehr geringer Quantität und unter ungünstigen Zuständen, weit leichter durch den Effect auf eine astatische Nadel oder durch die Einstellung zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets als durch Vorrichtungen, wie die von mir oder Weber oder Reich benutzten, angezeigt wird, ebenso die magnetische Polarität auf demselben Wege leichter erkennbar seyn müfste, und dafs keine Anzeige von jener Polarität bisjetzt diejenigen in Kraft und Werth erreicht habe, welche schon von Brugmans und mir gegeben worden sind.

2694. So bleiben dann die Wirkungen, deren Typen das Eisen, das Kupfer und das Wismuth sind, bisjetzt gesondert, und ihre Beziehungen zu einander nur theilweis uns bekannt. Ohne Zweifel wird ein umfassenderes und einfacheres Gesetz als uns bisjetzt bekannt ist, noch künftig entdeckt werden, und gerade die Schönheit der Weber'schen Hypothese in dieser Beziehung war es, was mich hauptsächlich zu dem Bemühen veranlafste, dieselbe festzustellen.

2695. Obschon ich, nach den obigen Betrachtungen (2693), wenig Hoffnung auf irgend ein nützliches Resultat hegte, so hielt ich doch für gut, gewisse magnekrystallische Kerne der Wirkung des Apparats zu unterwerfen. Einer dieser Kerne bestand aus einer grofsen Gruppe symmetrisch gelagerter Wismuthkrystalle (2457), ein anderer aus einem sehr grofsen Krystall von rothem Cyaneisenkalium, ein dritter aus einem Krystall von Kalkspath, ein vierter

und fünfter aus Krystallen von Eisenvitriol. Diese wurden zu Cylindern geformt, deren Axen parallel waren beim ersten und vierten: den magnekrystallischen Axen (2479), und beim zweiten, dritten und fünften: der aequatorialen Richtung der Kraft (2594. 2595. 2596). Nur der vierte und fünfte gab eine Wirkung auf das Galvanometer, und diese war der des gewöhnlichen Magnetismus gleich.

2696. Einige der von mir gebrauchten Ausdrücke könnten die Meinung veranlassen, dafs ich glaubte, es würden bei Anwendung von kupfernen und anderen Kernen zuerst durch den Elektromagnet Ströme in ihnen inducirt, die dann die in der kleinen Drahtrolle beobachteten Ströme inducirten. Ob die Kerne direct auf die Drahtrolle oder indirect durch ihren Einfluſs auf den Elektromagnet wirken, ist eine sehr interessante Frage, und ich habe es schwierig gefunden, Ausdrücke zu wählen, welche nicht in gewissem Grade dieser Frage vorgegriffen hätten. Mir scheint es wahrscheinlich, dafs die Kerne indirect auf die Drahtrolle wirken, und dafs ihre unmittelbare Wirkung ganz auf den erregenden Elektromagnet gerichtet ist, wodurch sie, sie mögen aus magnetischen oder diamagnetischen Metallen bestehen, entweder permanent oder vorübergehend an Kraft zunehmen, die für diese Zeit auf jenen gerichtet ist. Bevor der Kern sich bewegt, um sich dem Magnet zu nähern, sind Magnet und Drahtrolle in inniger Beziehung, und die letztere befindet sich in dem intensiven Feld der Magnetkraft, welche dem Pol des ersteren angehört. Ist der Kern von Eisen, so veranlafst er, bei seiner Annäherung an den Magnet, eine stärkere Convergenz und Concentration der magnetischen Kraftlinien auf sich selbst, und diese, so concentrirt, gehen durch die Drahtrolle, quer gegen deren Windungen, und vermögen somit in diesen die erhaltenen Ströme zu erzeugen (2653. 2668). So wie das Eisen zurückweicht, divergiren diese Kraftlinien, und indem sie die Drahtlinie in der Rolle (*the line of the wire in the helix*) abermals und in entgegengesetzter Richtung zu ihrem früheren Laufe schneiden, erregen sie einen entgegengesetzten

Strom. Es scheint bei Betrachtung der Thätigkeit des Eisenkerns nicht nothwendig eine directe Wirkung desselben auf die Drahtrolle oder eine andere Wirkung als die auf die Kraftlinien des Magnets anzunehmen. In solchem Falle würde die Wirkung desselben auf die Drahtrolle eine indirecte seyn.

2697. Nach demselben Räsonnement würde auch ein Kupferkern, wenn er in die Drahtrolle eintritt, nur indirect auf dieselbe wirken. Denn die in ihm erregten Ströme, werden durch den directen Einfluſs des Magnets hervorgerufen und müssen aequivalent auf denselben zurückwirken. Dieſs thun sie und vermöge ihrer Richtung und bekannten Wirkung bewirken sie eine Divergenz der magnetischen Kraftlinien. So wie der Kern die Schnelligkeit seiner Bewegung verringert oder zur Ruhe kommt, hören die Ströme in demselben auf und dann convergiren die Kraftlinien. Diese Divergenz oder Convergenz oder der Durchgang in zwei Richtungen durch den Draht der kleinen Rolle ist hinreichend zur Erregung der beiden Ströme, welche beim Vorrücken des Kerns gegen den Elektromagnet erhalten werden (2671. 2673). Beim Rückgange des Kerns wird ein entsprechender Effect in entgegengesetzter Richtung erzeugt.

2698. In der Idee, daſs die Wirkungen des Kerns nicht dieser Art, sondern directer auf die Drahtrolle gerichtet seyen, schaltete ich während des Versuchs zwischen Draht und Rolle verschiedene Substanzen ein, zunächst einen dicken Kupfercylinder 2,2 Zoll lang, 0″,7 von äuſserem und 0″,1 von innerem Durchmesser, also von 0″,3 Wanddicke. Mit Anwendung eines Eisenkerns (2668) war indeſs die Wirkung, wie auch der Versuch geleitet ward, der Art und dem Betrage nach dieselbe wie wenn das Kupfer fortgenommen oder durch Glas oder Luft ersetzt war. Wurde der Elektromagnet entfernt und die Drahtrolle (*wirecore*) zu einem Magnet gemacht, ergaben sich dieselben Resultate.

2699. Nun brachte ich eine andere Kupferhülle, einen

Cylinder von 2″,5 Länge, 1″,0 äufserem Durchmesser und 0″,125 Zoll Wanddicke, in die Drahtrolle und wandte Silber- und Kupferkerne von $\frac{5}{8}$ Zoll Dicke, wie zuvor, bei bester Einstellung des Commutators an (2675). Allein die Wirkungen waren mit und ohne Kupfer, mit und ohne Glas, genau dieselben (2698).

2700. Keinem Zweifel unterliegt es, dafs die Kupferhüllen während des Versuchs voller Ströme waren und dadagegen in den sie ersetzenden Hüllen von Luft und Glas keine Ströme existirten. Man hat auch allen Grund zu der Annahme, dafs die oben (2697) vermuthete Divergenz und Convergenz der Magnetkraftlinien, bei Voraussetzung einer indirecten Wirkung der Kerne, dergleichen Ströme genügend erklären. Wollte man diese Voraussetzung verwerfen, dann scheint mir müfste man annehmen, die Gesammtheit der anwesenden Körper, Magnet, Drahtrolle, Kern, Kupferhülle oder die sie ersetzende Hülle von Glas oder Luft, seyen in einem Zustand von Spannung, wobei ein jeder Theil auf jeden übrigen wirkt, und dasjenige darstelle, was ich früher (1729) elektrotonischen Zustand nannte.

2701. Das Vorrücken des Kupfers macht die Magnetkraftlinien divergiren oder treibt sie gleichsam vor sich hin (2697). Ohne Zweifel findet eine Reaction auf das vorrückende Kupfer und eine Erzeugung von Strömen in demselben statt, in solcher Richtung, dafs sie, bei weiterem Vorrücken, die Divergenz fortsetzen können. Allein es scheint nicht logisch zu sagen, dafs die Ströme, welche durch die Kraftlinien im Kupfer entstehen, die Ursache der Divergenz der Kraftlinien seyen. Vielmehr scheint mir, dafs die Kraftlinien durch das vorrückende Kupfer (oder, bei anderer Form des Versuchs, durch den quer gegen die Kraftlinien bewegten geschlossenen Draht) gleichsam divergent gemacht oder auswärts gebogen werden, und dafs die Reaction der Kraftlinien auf die Kräfte in den Kupfertheilchen diese veranlassen, sich in einen Strom aufzulösen, durch welchen der Widerstand entladen (*discharged*) und entfernt wird

und die Kraftlinie an ihren Ort zurückkehrt. Ich verbinde mit dem Worte *Kraftlinie* keine andere Meinung als ich bei einer früheren Gelegenheit ausgesprochen habe (2149).

VI. *Bemerkungen über die Kräfte, welche durch Vertheilung magnetisirte ferro und diamagnetische nicht krystallinische Substanzen erleiden;* von *William Thomson,*

Prof. der Physik an der Universität zu Glasgow.

(*Philosoph. Magazine Ser. III. Vol.* 37. *p.* 241.)

Das merkwürdige Gesetz, welches Faraday in seiner Abhandlung über den magnetischen Zustand aller Substanzen niedergelegt hat, *dafs eine in der Nähe eines Magnets befindliche kleine Portion von diamagnetischer Substanz einen Druck erfährt, der sie von Orten stärkerer Kraft nach Orten schwächerer treibt*, ist eine einfache Folgerung aus der mathematischen Lösung des Problems, die Wirkung zu bestimmen, die auf eine kleine Kugel von inductiv magnetisirter Substanz vermöge ihres inducirten Magnetismus ausgeübt wird. Ohne in die analytische Untersuchung einzugehen, welche in dem Aufsatz: » Ueber die auf Kügelchen unter magnetischem Einflufs ausgeübten Kräfte und über einige Erscheinungen bei diamagnetischen Substanzen « [1]) befindlich ist, will ich in der gegenwärtigen Mittheilung die Resultate derselben und einige daraus zu ziehende Schlüsse kurz angeben.

1. Es sey *P* ein Punkt in der Nähe eines Magnets und *P'* ein anderer, in dem unendlich kleinen Abstande *a* von *P*. Bezeichne *R* die Kraft, welche eine » Nordpol-

1) *Cambridge and Dublin Mathematical Journal*, Mai 1847.

Einheit «[1]) in P erleiden würde, oder, wie man sagt, »die Resultante der magnetischen Kraft in P«; und bezeichne R' dasselbe für P'. Wird dann ein Kügelchen irgend einer unkrystallinischen, homogenen, von Natur unmagnetischen, aber durch Vertheilung magnetisirbaren Substanz in P versetzt, so wird sie eine Kraft erleiden, deren Componente längs PP' ist:

$$\mu \cdot \sigma \cdot \tfrac{1}{2} \frac{R'^2 - R^2}{a},$$

worin σ das Volum der Kugel, und μ einen von der Natur der Substanz abhängenden Coëfficienten bezeichnet. Dieser Coëfficient μ hat für weiches Eisen einen Werth etwas kleiner als $\frac{3}{4\pi}$, und für alle ferro-magnetische Substanzen, die wenig oder kein Eisen enthalten, hat er sehr kleine positive Werthe.

2. Ist es wahr, wie ich glaube es seyn mufs, dafs die auf diamagnetische Substanzen ausgeübten Kräfte daraus hervorgehen, dafs der influencirende Magnet sie inductiv magnetisirt[2]) und nach dieser Magnetisirung auf sie wirkt

1) D. h. das Ende eines unendlich dünnen, gleichförmig und der Länge nach magnetisirten Stabes von *Stärke-Einheit*, welcher *dem Ganzen nach vom Nord* durch den Erdmagnetismus abgestofsen wird.

Stärke-Einheit kann so definirt werden. Wenn zwei unendlich dünne Stäbe gleichmäfsig, und jeder gleichförmig und longitudinal, magnetisirt werden, und man das Ende des einen in die Einheit des Abstandes (z. B. einen Zoll) von dem Ende des anderen versetzt, so ist die gegenseitige Kraft dieser Enden die Einheit. Die magnetische Stärke eines jeden ist Einheit. Die im Text definirte Kraft R ist natürlich gleich und entgegengesetzt der Kraft, welche eine »Südpol-Einheit« in P erleiden würde.

2) Diese natürlichste Erklärung der von Faraday entdeckten Erscheinungen ist von Diesem in seinem Aufsatz über den Gegenstand aufgestellt und durch spätere Untersuchungen bestätigt, besonders durch die von Reich und Weber, welche durch Versuche gezeigt haben, dafs eine diamagnetische Substanz unter dem Einflufs zweier Magnete auf den einen vermöge der Magnetisirung wirkt, die sie von dem anderen erfahren hat. Die ungemeine Schwäche der in diamagnetischen Substanzen erregten Polarität, hat Faraday in einer Reihe von Versuchen bewiesen, welche den Gegenstand seiner letzten Mittheilung an d. Königl. Gesellschaft

gemäfs den bekannten Gesetzen der Wechselwirkung zweier Magnete, so gilt das obige Gesetz für alle unkrystallinische Substanzen, und um es auf eine diamagnetische Substanz anzuwenden, ist nur nöthig, μ einen negativen Werth zu geben.

3. Zur Auslegung dieses Resultats ist zu bemerken, dafs, wie sich durch Anwendung der Differentialrechnung auf die Veränderung einer von der Lage eines Punkts im Raume abhängigen Gröfse zeigen läfst, der Bruch

$$\frac{R'^2 - R^2}{a}$$

gröfser ist, wenn der Punkt P' in einer bestimmten Richtung von P gewählt wird, als in einer anderen, dafs er von gleichem absoluten, aber negativen Werthe ist, wenn P' in entgegengesetzter Richtung gewählt wird, und dafs er verschwindet, wenn P' in einer durch P gehenden, gegen die Linie dieser beiden Richtungen rechtwinklichen Ebene liegt. Daraus folgt, dafs die Resultante auf das Kügelchen längs jener Linie liegt, in der einen oder anderen Richtung, je nachdem μ positiv oder negativ ist. Daraus ziehen wir folgende Schlüsse:

1. Ein in der Nähe eines Magnets befindliches ferromagnetisches Kügelchen wird getrieben von einer Kraft *in derjenigen Richtung, in welcher die »Magnetkraft« am schnellsten zunimmt.*

2. Ein in der Nähe eines Magnets befindliches diamagnetisches Kügelchen wird getrieben von einer Kraft *in derjenigen Richtung, in welcher die Magnetkraft am schnellsten abnimmt.*

3. Die absolute Gröfse der Kraft in jeglichem Falle, in welchem die Vertheilung der Magnetkraft bekannt ist, ist der Werth, welchen der Ausdruck in §. 1 erlangt, wenn

ausmachen. Er hat sich darin bemüht, durch sehr empfindliche Mittel die Ströme nachzuweisen, die durch Magnetisirung oder Demagnetisirung einer diamagnetischen Substanz in einer dieselbe umgebenden Drahtrolle erregt werden, hat aber nur negative Resultate erhalten.

man dem Bruch $\frac{R'^2 - R^2}{a}$ den Werth giebt, der mittelst des Differentialcalcüls gefunden wird für einen Punkt P', der, in der Richtung der schnellsten Veränderung der Magnetkraft, um den unendlich kleinen Abstand PP' von P, der actuellen Lage des Kügelchens, entfernt ist.

4. Bemerkenswerth ist besonders, dafs die Richtung der auf die Kugel ausgeübten Kraft keine Beziehung hat zur Richtung der durch ihren Ort gehenden Magnetkraftlinien. Die mathematische Untersuchung liefert sonach eine volle Bestätigung und Erklärung der merkwürdigen Beobachtung von Faraday (§. 2418) dafs ein Kügelchen oder Würfel von inductiv magnetisirter Substanz in einigen Fällen »längs den Magnetkraftlinien, und in andern schief oder quer gegen sie fortgetrieben wird« [1]). In der That ist es leicht, Vorrichtungen zu erdenken oder wirklich zu construiren, in welchen die Resultante der auf eine Kugel von weichem Eisen oder einer diamagnetischen Substanz ausgeübten Kräfte winkelrecht ist gegen die Linien der magnetisirenden Kraft. Wenn z. B. eine Kugel von weichem Eisen gegen die beiden Pole eines Hufeisenmagnets symmetrisch und in einigem Abstande von der dieselben verbindenden Linie angebracht wird, so wird sie gegen diese Linie getrieben, in winkelrechter Richtung auf derselben und folglich auch winkelrecht auf den Linien der Magnetkraft in dem Raum, in welchem sie befindlich ist. Eine ähnlich gebogene Kugel von Wismuth oder sonst einer diamagnetischen Substanz würde eine Kraft in entgegengesetzter Richtung erleiden. Brächte man ferner eine Kugel aus irgend einer Substanz in die Nähe eines langen geraden galvanischen Drahts, so wird sie zu oder ab dem Draht getrieben (je nachdem die Substanz ferromagnetisch oder diamagnetisch ist) und zwar winkelrecht gegen ihn, also auch winkelrecht gegen die Kraftlinien, welche

1) Mir scheint diese Merkwürdigkeit zu verschwinden, wenn man sich nur klar macht, was eigentlich unter Magnetkraftlinien verstanden wird. P.

hier Kreise sind, die ihre Mittelpunkte in dem Draht und ihre Ebenen winkelrecht gegen denselben haben.

5. Die vorstehenden Schlüsse befähigen uns klar festzusetzen, in welchem Sinne die Ausdrücke »Anziehung« und »Abstofsung« anzuwenden sind auf die Wirkung, welche ein Magnet auf einen ferromagnetischen oder diamagnetischen Körper ausübt. Ein in der Nähe eines Magnets gelegenes Kügelchen von ferromagnetischer Substanz erleidet im Allgemeinen eine Kraft; allein der Ausdruck *Anziehung*, nach seiner gewöhnlichen Bedeutung, meint eine *Kraft hinwärts*, und wenn wir ihn in irgend einem Falle anwenden wollen, müssen wir im Stande seyn ein Object für die Präposition zu liefern. In diesem Falle nun ist die Kraft gegen Orte stärkerer »Magnetkraft« gerichtet und folglich kann die Wirkung, welche ein ferromagnetischer oder diamagnetischer Körper erleidet, eine *Anziehung* genannt werden, wenn wir darunter *eine gegen Orte stärkerer Kraft* verstehen. Orte stärkerer Kraft sind dem Magnet im Allgemeinen näher als Orte schwächerer Kraft und daher werden Stückchen von weichem Eisen, als Ganzes, gemeiniglich zu dem Magnet getrieben (wodurch ohne Zweifel der Ausdruck »Anziehung« ursprünglich zur Anwendung kam); allein diefs ist, wie man weiterhin sehen wird, keineswegs immer der Fall; Kugeln von weichem Eisen werden in gewissen Fällen wirklich vom influencirenden Magnet abgestofsen; und der Ausdruck »Anziehung« kann bei ferromagnetischen Substanzen allgemein nur in dem Sinne, dafs es eine gegen Orte stärkerer Kraft sey, gebraucht werden. Der Ausdruck »Abstofsung«, das Umgekehrte von »Anziehung«, kann nach demselben Principe im Allgemeinen nur zur Bezeichnung der Kraft gebraucht werden, mit welcher ein diamagnetisches Kügelchen gegen Orte schwächerer Kraft getrieben oder *aus Oertern stärkerer Kraft fortgestofsen* wird.

6. Der folgende Paragraph, in welchem Principien aufgestellt sind, auf deren einige Faraday selbst viel Nachdruck legt, die aber glaube ich von den späteren Experimen-

tatoren nicht hinlänglich beachtet worden sind, ist aus dem schon erwähnten Aufsatz (*Dublin. math. Journ.*) genommen.

7. »Das eben erhaltene Resultat liefert die wahre Erklärung von dem von Faraday beobachteten Phänomen, dafs ein dünner Stab oder eine Nadel von diamagnetischer Substanz, zwischen den Polen eines Magnets aufgehängt, eine Querstellung gegen die sie verbindende Linie annimmt. Denn eine solche Nadel hat keine Tendenz sich quer gegen die Magnetkraftlinien zu stellen; vielmehr wird sie, wie man aus einem künftigen Aufsatz ersehen kann, wenn sie gegen die Dimensionen und den Abstand des Magnets vergleichungsweise sehr klein ist (wie es z. B. der Fall ist mit einem Stabe von gewöhnlichen Dimensionen, der nur dem Einflufs der Erde unterworfen ist) und sie sich frei um ihren Schwerpunkt drehen kann, die Richtung der Magnetkraftlinien annehmen, sie mag aus diamagnetischer oder magnetischer Substanz (wie weiches Eisen) bestehen; allein Faraday's Resultat entspringt aus der raschen Abnahme der magnetischen Kraft rings um die Magnetpole und aus der, verglichen mit dem gegenseitigen Abstand der Pole beträchtlichen Länge der Nadel. Der Entdecker selbst erklärt es so: »Die Ursache der Einstellung des Stabes oder irgend eines länglichen Stücks (*oblong arrangement*) von schwerem Glase ist nun einleuchtend. Es ist blofs ein Resultat der Tendenz der Theilchen, sich auswärts oder in die Lagen der schwächsten Wirkungen zu bewegen [1]). Die vereinte Ausübung der Wirkung aller Theilchen bringt die Masse in die Lage, welche dem Versuche nach, ihr angehört« (§. 2269).

8. Es mag hinzugefügt werden, dafs die Tendenz eines Stabes, gleichviel von ferromagnetischer oder diamagnetischer Substanz, in einem gleichförmigen Felde von Magnetkraft die Richtung der Kraftlinien anzunehmen, abhängt

1) »Die ungemeine Schwäche der diamagnetischen Wirkung, vermöge welcher jedes Kügelchen oder jeder Würfel der Materie sehr nahe dieselbe Kraft erleidet, wie wenn alles Uebrige entfernt würde, scheint diese Erklärung vollständig zu rechtfertigen.«

von dem Effect der gegenseitigen Wirkung der Theilchen zur Veränderung der allgemeinen Magnetisirung des Stabes, und ist folglich bei den bekannten diamagnetischen Substanzen so ungemein schwach, dafs die empfindlichsten Versuche sie wahrscheinlich nicht sichtbar machen würden [1]).

9. Das zu Anfange dieser Betrachtungen angegebene Gesetz Faraday's läfst sich durch einige sehr sonderbare, obwohl ungemein einfache Versuche erläutern, die ich nun kurz beschreiben will [2]).

10. Der dazu erforderliche Apparat besteht blofs aus einem langen leichten Arm (ich gebrauchte einen von vier Fufs Länge (*height*), allein ein viel kürzerer, an einem dünneren oder längeren Torsionsfaden aufgehängt, würde eben so gut gewesen seyn) aufgehängt an einen »Torsionsknopf« mittelst eines nahe in seiner Mitte befestigten sehr feinen Drahts oder Fadens von ungesponnenen Seidenfasern, und umgeben von einem Kasten, der den störenden Luftzug abhält, aber eine hinlängliche Winkelbewegung in horizontaler Ebene erlaubt. An dem einen Ende des Arms sitzt (oder hängt an einem feinen Faden, welcher, der Stabilität wegen, bei einigen Versuchen, z. B. bei den weiterhin beschriebenen Versuchen 2 und 3, nicht zu lang seyn darf) ein Kügelchen von weichem Eisen und an dem anderen Arm ist ein Gegengewicht angebracht, um den Arm horizontal zu halten. Wenn man den Arm nur eine kleine Winkelbewegung machen läfst, ist die Bahn der Kugel beinahe gerade, und wir können daher annehmen, dafs die Kugel, durch die beschriebene Vorrichtung, sich mit grofser Freiheit in gerader Linie zu bewegen vermag und vor jeder anderen Bewegung geschützt ist.

1) Eine sehr kurze Mittheilung über diesen Gegenstand wurde der *British Association* i. J. 1848 vorgelegt und in deren *Report* von diesem Jahr veröffentlicht, unter dem Titel: »*On the Equilibrium of Magnetic or Diamagnetic Bodies of any form, under the Influence of Terrestrial Magnetic Force.*«

2) Zur Erläuterung von Vorlesungen über Magnetismus, während des Cursus 1848—49, wurden diese Versuche im physikalischen Hörsaal der Glasgow-Universität vorgezeigt.

11. Bei Anstellung der weiterhin beschriebenen Versuche ist es bequem zwei Hemmer (*stops*) so anzubringen, dafs durch sie die Bewegung des Arms in jede gewünschten Gränzen eingeschlossen, und in jeglicher Lage auch beruhigt werden kann. Im Allgemeinen mufs vor Anfang eines Versuchs der Arm am Ende seines Laufes zur Ruhe gebracht, und, mittelst der Torsion des Drahtes sehr sanft gegen einen der Hemmer gedrückt werden, während der andere Hemmer fortgeschoben ist, um dem Arm in der einen Richtung eine freie Bewegung zu gestatten.

12. *Versuch* 1. — Man lege einen gewöhnlichen Magnetstab mit einem seiner Pole, z. B. dem Südpol, nahe an die Kugel von weichem Eisen, allein an der Seite, nach welcher hin sie durch den Hemmer an ihrer Bewegung gehindert ist. Man nehme nun einen anderen Magnetstab von bedeutend gröfserer Kraft als der erstere und nähere seinen Nordpol langsam dem festen Südpol des anderen, in Verlängerung der Bewegungslinie der Eisenkugel. Wenn dieser Nordpol einen gewissen Abstand erreicht hat, wird der Arm aufhören gegen den Hemmer zu drücken, und wenn man ihn noch ein wenig näher schiebt, wird der Arm den Hemmer ganz verlassen und eine Gleichgewichtslage annehmen, in welcher er, nachdem er beruhigt worden, (was mittelst der Hemmer leicht geschieht) stabil verbleibt, wenn auch die Hemmer ganz fortgezogen werden. Wenn man die Kugel mittelst eines der Hemmer etwas weiter von den Magneten (*magnets*) als diese stabile Gleichgewichtslage fortschiebt, so kehrt sie freiwillig in dieselbe zurück. Zieht man sie mit dem anderen Hemmer etwas näher, und läfst sie einige Sekunden so, so findet man, dafs sie gegen denselben drückt, und wenn man ihn darauf fortzieht, kehrt sie in jene stabile Gleichgewichtslage zurück. Zieht man sie jedoch sehr langsam noch näher an die Magnete (*magnets*) und erreicht sie dabei eine gewisse Lage, so hört sie auf gegen den Hemmer zu drücken; und wenn sie nun die geringste Erschütterung erleidet oder etwas näher gezogen wird, verläfst sie den Hemmer und setzt sich in Bewegung

bis sie den Magnet erreicht, bei dessen Berührung sie nun augenblicklich zur Ruhe kommt. Es scheint demnach, als gebe es für die Kugel eine instabile Gleichgewichtslage zwischen der stabilen Lage und dem näheren Magnet. Es ist leicht den Torsionsknopf so einzurichten, dafs die Torsion des Aufhängefadens oder Drahtes nur einen beliebig kleinen Einfluſs haben kann, indem man durch successive Versuche jede dieser Gleichgewichtslagen aufsucht, nach der Bedingung, dafs wenn die Magnete entfernt sind, die Torsion den Arm nicht merklich aus der so gefundenen Lage stören darf.

13. Nach den oben gegebenen Erklärungen ist kaum nöthig hervorzuheben, dafs die in diesem Versuch bestimmte instabile Gleichgwichtslage der Punkt ist, wo die magnetisirende Kraft des Südpols zerstört wird durch die des entfernteren, aber kräftigeren Nordpols, und dafs die stabile Gleichgewichtslage diejenige ist, wo der Ueberschufs der magnetisirenden Kraft des Nordpols über die des schwächeren Südpols einen Maximum-Werth besitzt in Bezug auf Punkte in der Verlängerung, durch den schwächeren Pol, der beide Pole verbindenden Linie. Wären die Pole mathematische Punkte und wären die Stäbe so lang, dafs ihre abgewandten Enden keine merkliche Wirkung auf die Kugel ausüben könnten, so würde die instabile Gleichgewichtslage natürlich eine solche seyn, *dafs ihre Abstände von den beiden Polen sich direct verhielten wie die Quadratwurzeln aus den Stärken der Magnete;* und durch Lösung eines höchst einfachen Maximum-Problems läfst sich zeigen, dafs die stabile Lage eine solche wäre, *dafs ihre Abstände von den Polen sich direct wie die Kubikwurzeln aus den Stärken verhalten würde.*

14. *Versuch* 2. — Man lege zwei gleiche Magnetstäbe symmetrisch gegen die Linie der Bewegung, winkelrecht gegen dieselbe, mit den gleichnamigen Polen in gleichen Abständen zu beiden Seiten, und zwar, um es aufs Beste anzuordnen, so, dafs die Längen der Magnete in den Fortsetzungen der ihre Pole verbindenden Linien seyen. Ope-

rirt man nun mit den Hemmern in ähnlicher Weise, wie in dem vorhergehenden Versuch, so ist leicht ermittelt, dafs es für die Kugel zwei stabile Gleichgewichtslagen in gleichen Abständen zu beiden Seiten der die Pole verbindenden Linien giebt, und dafs der Mittelpunkt dieser Linie eine instabile Gleichgewichtslage ist.

15. Auch hier liegt die Erklärung auf der Hand. Da die stabilen Gleichgewichtslagen solche sind, dafs, in Bezug auf Punkte in der Bewegungslinie der Kugel, die magnetisirende Kraft der beiden gleichnamigen Pole ein Maximum seyn kann, so liegen sie, wie sich leicht ergiebt, in den Abständen $\frac{a}{2\sqrt{2}}$ zu beiden Seiten der die Pole verbindenden Linie (deren Länge mit a bezeichnet ist), sobald die Pole mathematische Punkte sind und die Längen der Stäbe so grofs, dafs die abgewandten Pole keine merkliche Wirkungen hervorbringen.

16. *Versuch* 3. — Man halte einen gewöhnlichen Huf eisenmagnet mit der seine Pole verbindenden Linie winkelrecht gegen die Bewegungslinie, so wird man leicht durch eine passende Handhabung der Hemmer und des Torsionsknopfs das Daseyn einer Kraft nachweisen, welche die Kugel winkelrecht auf den »Kraftlinien« gegen den Mittelpunkt der die Pole verbindenden Linien treibt.

17. *Versuche mit diamagnetischen Substanzen oder mit ferromagnetischen von geringer Vertheilbarkeit.* — Die von Faraday entdeckten Wirkungen der Magnete auf Substanzen, die früher nicht als der magnetischen Vertheilung fähig bekannt waren, lassen sich mit dem oben beschriebenen Apparat mit grofser Leichtigkeit darthun. Statt der Eisenkugel kann man am Ende des Hebels kleine Kugeln von der zu untersuchenden Substanz aufhängen, mittelst Fäden von hinlänglicher Länge, damit dieser Hebel, der aus irgend einer eisenfreien Substanz bestehen mufs, ganz aufser Bereich eines merkbaren Einflusses des angewandten Magnets sey. In diesen Fällen zeigt sich in Betreff der Länge des Aufhängedrahtes keine Schwierigkeit von der beim Ei-

sen bemerkten Art, da die ausgeübten magnetischen Wirkungen niemals stark genug sind, um eine seitliche Instabilität (d. h. einen Stabilitätsmangel in der Bewegungslinie) selbst bei der leichtesten Substanz hervorzubringen, sobald nur der Aufhängedraht nicht länger als nöthig ist. Bei den von mir angestellten Untersuchungen waren die die Kügelchen tragenden Fäden nicht länger als 4 oder 5 Zoll, und die Durchmesser der Kügelchen gingen von einem Viertelzoll, bis zu einem oder anderthalb Zoll. Statt eines einfachen Stahlmagnets, der zu diesen Versuchen nicht stark genug wäre, gebrauchte ich einen Elektromagnetstab von mäfsiger Kraft, bestehend aus einer Drahtrolle und einem weichen Eisenkern. Dieser Kern ist ein Cylinder von etwa einem Zoll im Durchmesser und anderthalb Fufs Länge mit *abgerundeten* (beinahe halbkuglichen) *Enden,* welche, wenn der Kern seine centrale Lage besitzt, auf beiden Seiten etwa einen Zoll zur Drahtrolle herausragen. Durch diese Mittel läfst sich die Abstofsung diamagnetischer Substanzen und die Anziehung sehr schwach ferromagnetischer mit grofser Leichtigkeit darthun.

18. Als ich z. B. einen kleinen Apfel an einen 3 bis 4 Zoll langen Faden aufhing und ihn anfangs zur Ruhe brachte, indem ich ihn (mittelst der Torsion des Fadens) sanft gegen das eine Ende des noch nicht magnetisirten Eisenkerns drückte, sah ich denselben sogleich abgestofsen wie der galvanische Strom erregt ward, und als ich den Eisenkern vorschob, konnte ich ihn 4 bis 5 Zoll weit durch das magnetische Feld treiben.

19. Denselben Apparat habe ich auch gebraucht, um zu zeigen, dafs ein Körper, der in Luft schwach angezogen wird, eine Abstofsung erfährt, wenn er untergetaucht ist in eine hinreichend concentrirte Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul. Der in diese Flüssigkeit eingetauchte Körper war mittelst der Torsionskraft an die eine Seite des Gefäfses gelehnt und an derselben Stelle aufserhalb der Elektromagnet angebracht. Durch Anwendung kleiner Glaskügelchen, die leer keinen merklichen Einflufs von dem

Magnet erleiden, kann man; wenn man sie mit verschiedenen Flüssigkeiten füllt, die magnetischen Eigenschaften derselben darthun. Faraday's schöne Versuche über die relativen und magnetischen Capacitäten der Eisenvitriol-Lösungen von verschiedener Concentration und andere ähnliche Versuche lassen sich in ungemein bequemer Weise anstellen, wenn man mit einer solchen Lösung ein Glaskügelchen füllt, es an dem einem Ende des Armes aufhängt, und, nach Anbringung eines passenden Gegengewichts an dem andern, in eine andere Flüssigkeit untertaucht. Ich fand, dafs, sobald der Concentrations-Unterschied beider Flüssigkeiten beträchtlich war, die untergetauchte Kugel durch den Elektromagnet angezogen oder abgestofsen ward, je nachdem die in der Kugel enthaltene Flüssigkeit concentrirter oder verdünnter war als die dieselbe umgebende.

Ueber die Stäbilität kleiner durch Vertheilung magnetisirter Körper in Gleichgewichtslagen.

20. In dem eben erwähnten Aufsatz im *Mathematical Journal* sprach ich aus, dafs eine kleine Kugel von entweder ferro- oder diamagnetischer Substanz, in der Nähe eines Magnets befindlich und keiner Einwirkung von einer unmagnetischen Kraft unterworfen, im *Gleichgewicht* sey, wenn sie sich in einer Lage befinde, wo die (mit R bezeichnete) »Resultante« ein Maximum oder Minimum sey oder einen »stationären« Werth habe; dafs eine diamagnetische Kugel im *stabilen Gleichgewicht* sey, (*is in stable equilibrium if, and not in stable equilibrium unless, it be situated*), wenn sie eine Lage habe, wo die Kraft R ein Minimum im absoluten Werth hat, und dafs, »wenn daselbst ein gegen den Magnet äufserer Punkt vorhanden ist, an welchem die Resultante einen Maximum-Werth hat, dieser für eine kleine Kugel von weichem Eisen eine stabile Gleichgewichtslage, und jeder andere nothwendig eine instabile seyn würde.« Kurz nach der Veröffentlichung dieses Aufsatzes gelang es mir zu beweisen, dafs an einem gegen den Magnet äufseren Punkt die Resultante kein Maximum

ximum, und also für eine von allen Hindernissen befreite ferromagnetische Kugel keine stabile Gleichgewichtslage vorhanden seyn kann. Neuerlich habe ich gefunden, dafs es Punkte geben kann, wo die Resultante ein absolutes Minimum ist ohne Null zu seyn; und deshalb mag es für einen diamagnetischen Körper stabile Gleichgewichtslagen geben, die in dem im früheren Aufsatz erwähnten Fall nicht eingeschlossen sind. Dieser Fall liefert indefs die einfachste Erklärung, die es geben kann, von der höchst ungewöhnlichen Thatsache, dafs ein solider Körper von einem Magneten oder von Magneten in eine stabile Gleichgewichtslage abgestofsen werden kann. Nehmen wir z. B. die im Versuch 2 beschriebene Vorrichtung von zwei Magnetstäben, befestigt mit den gleichnamigen Polen nahe an einander, so haben wir offenbar zwischen diesen Polen einen Punkt, wo die Resultante verschwindet, und gegen welchen also ein irgendwo hinreichend nahe befindliches diamagnetisches Kügelchen hingetrieben werden würde. Leicht ist zu zeigen, dafs, unter Einwirkung der Schwerkraft, ein diamagnetisches Kügelchen etwas unterhalb dieser Lage ohne irgend eine äufsere Stütze im stabilen Gleichgewicht seyn würde, sobald nur die Magnete stark genug wären. Es ist jedoch äufserst unwahrscheinlich, dafs ein Versuch, diefs experimentell zu verwirklichen, gelingen würde, weil bisjetzt, in den günstigsten Fällen, keine diamagnetische Repulsion auf einen Köper gefunden ist, welche auch nur entfernt dem Gewichte desselben nahe käme. Doch hat man somit von dem durch » Mahomets Sarg « berühmten physikalischen Problem eine wahre theoretische Lösung, die unter den merkwürdigen Folgerungen aus Faraday's Entdeckungen nicht die wenigst sonderbare ist [1]).

1) Man hat oft geglaubt, diefs Problem sey gelöst durch den Versuch, wo eine Nadel in eine senkrecht gehaltene galvanische Drahtrolle hineingezogen wird; allein ich habe mich überzeugt, dafs die Nadel stets irgendwo die Wand der Röhre (falls eine vorhanden ist) oder den Draht der Rolle berührt. Auch habe ich ermittelt, dafs wenn man, bei Anwendung einer kräftigen Drahtrolle, statt der Nadel einen Blech-

Ueber die Beziehungen der ferromagnetischen und diamagnetischen Magnetisirung zu der magnetisirenden Kraft.

21. In der mathematischen Untersuchung, durch welche das eben angegebene Resultat erhalten wurde, ist angenommen, dafs die Magnetisirung der Substanz der Kugel allemal proportional sey der magnetisirenden Kraft, obwohl diese Annahme natürlich vermieden werden kann, wenn man nur voraussetzt, dafs μ einen mit der Kraft veränderlichen Werth habe, was weder die Untersuchung noch die Form des Resultates afficirt. Mir scheint sehr wahrscheinlich, dafs diese Annahme *für alle bekannten diamagnetischen und für alle schwach ferromagnetischen Substanzen richtig sey*, denn sie kommt der Voraussetzung gleich, dafs die inducirte Magnetisirung einer Substanz die Fähigkeit zu einer neuen Magnetisirung durch einen andern nahe gebrachten Magnet nicht hindere oder störe. Diese Voraussetzung mufs jedoch bisjetzt als eine blofse Muthmafsung betrachtet werden, da sie noch von keinem Versuch unterstüzt wird.

Sie widerspricht indefs direct dem Schlufs, zu welchem Hr. Plücker in einer seiner experimentellen Untersuchungen gelangt, wo er sagt: »*J'ai déduit de là cette loi générale, savoir: que le diamagnétisme décroit plus vite que le magnétisme quand la force de l'aimant diminue ou quand la distance des pôles augmente*« [1]). Allein viele der sonder-

cylinder, selbst von sehr wenig kleinerem Durchmesser als die Innenwand der Rolle nimmt, niemals anders als bei dem Contacte beider ein stabiles Gleichgewicht stattfindet. Das Phänomen des freien Schwebens eines soliden Körpers in der Luft, bei stabilem Gleichgewicht, ohne äufseren Stützpunkt oder Zwang ist, ich bin es überzeugt, niemals als das Resultat eines elektrischen oder magnetischen Versuchs wahrgenommen worden.

1) Siehe in d. *Annal. de chim. et de phys.* 1850 den Aufsatz: »*Sur le magnétisme et diamagnétisme par Hr. Plücker.* Dieser Aufsatz scheint ein *Résumé* von des Verfassers Untersuchungen und Entdeckungen in Betreff der magnetischen Induction zu seyn, von welchen im Laufe der beiden letzten Jahre ausführliche Berichte in Poggendorff's Annalen erschienen sind.

baren Erscheinungen, aus welchen Hr. Plücker diesen Schlufs ableitet und welche er zur Bestätigung desselben anführt, scheinen mir denselben nicht zu unterstützen, vielmehr im Zusammenhange zu stehen mit den von ihm später entdeckten eigenthümlichen magneto-inductiven Eigenschaften der krystallinischen oder quasi-krystallinischen Structur [1]); und was diejenigen betrifft, die ihn auf den ersten Blick wirklich zu unterstützen scheinen, so vermuthe ich, dafs sie sich alleinig durch das zu Anfange dieser Bemerkungen ausgesprochene Faraday'sche Gesetz erklären lassen.

So die Versuche mit einem in verschiedene Abstände von dem Magnet gebrachten Uhrglase voll Quecksilber, welche zeigen, dafs die Resultante der auf das Glas, vermöge seiner eigenen Magnetisirung als eine magnetische Substanz, und der entgegengesetzten Magnetisirung des diamagnetischen Quecksilbers, ausgeübten Kräfte zuweilen, bei Fortrückung des Ganzen in eine etwas gröfsere Ferne, von dem Magneten zunimmt; sie beweisen nicht, dafs, wenn die magnetisirende Kraft verringert wird, die Magnetisirung des Quecksilbers um einen gröfseren Bruchwerth ihres Betrages abnimmt als die des Uhrglases, sondern werden höchst wahrscheinlich dadurch erklärt, dafs das vom Quecksilber und Uhrglase eingenommene Feld der Kraft in einem etwas gröfseren Abstande ein solches ist, dafs der Mittelwerth des Differentialcoëfficienten vom Quadrat der Kraft, in Bezug auf Coordinaten parallel der Richtung der Bewegung des Uhrglases, gröfser ist als der Mittelwerth der Function für das eingenommene Feld, wenn das Uhrglas mit dem Magnet in Berührung ist.

Es ist natürlich, ohne genaue Kenntnifs von der Vertheilung der Magnetkraft in der Nähe des angewandten Magnets, unmöglich mehr als eine solche allgemeine Erklä-

1) Dieser Zusammenhang wurde von dem Verfasser selbst erkannt, wie aus der Angabe erhellt, die er zu Anfange des §. 4 des erwähnten Aufsatzes macht. Doch nennt er seine Versuche mit Cylindern von Holzkohle als das Fundament, auf welches er den im Text angeführten Schlufs als allgemeines Gesetz aufstellt.

rung wie diese zu geben; allein die in diesem Fall von Hrn. Plücker beschriebenen Erscheinungen sind unzweifelhaft von der Art, dafs man sie voraussagen mögte, wenn ein senkrechter Magnetstab angewandt würde, und vor allem, wenn der obere Pol, über welchem das Uhrglas hing, flach wäre. Ein Elektromagnet, mit eine man beiden Enden offenen Hohlcylinder von weichem Eisen als Kern, würde einen kleinen längs der Axe beweglichen ferromagnetischen Körper in gewissen Lagen *abstofsen* und etwas weiterhin *anziehen*, weil daselbst in diesem Falle ganz ähnliche Veränderungen in der Kraft vorkommen würden, wie sie im Versuch 2 in Bezug auf die Punkte der Bewegungslinie der Kugel erläutert sind.

22. Die auffallendsten Versuche, welche Hr. Plücker zur Stütze seiner Hypothese anführt, dafs, bei Zunahme der magnetisirenden Kraft, der Diamagnetismus rascher wachse als der Magnetismus, sind die, in welchen die auf einen kleinen inductiv magnetisirten Körper in constanter Lage ausgeübte Kraft bei verschiedenen Stärken eines und desselben Elektromagnets geprüft wird, indem er letzteren durch eine gröfsere oder geringere Zahl von Elementen der Batterie erregt. In der letzten Versammlung der Brittischen Naturforscher, zu Edinburg, wagte ich die Vermuthung, *dafs mit der Erhöhung oder Schwächung der Stärke des galvanischen Stroms eine Aenderung in der Vertheilung der Magnetkraft in der Nähe des Magnets eingetreten sey und diese zur Hervorbringung einiger der beobachteten sonderbaren Erscheinungen beigetragen habe; und dafs in der Vertheilung der Kraft in der Nähe eines Elektromagnet mit weichem Eisenkern im Zustande intensiver Magnetisirung eine beträchtliche Aenderung eintritt, wenn z. B. die Stärke des Stroms verdoppelt wird, scheint ungemein wahrscheinlich, wenn man erwägt, dafs ein Stück weiches Eisen im Zustande intensiver Magnetisirung vermuthlich einer neuen Magnetisirung nicht so zugänglich ist als der ersten im unmagnetischen Zustand.* Bei derselben Gelegenheit bemerkte ich, dafs einige Versuche, welche Hr. Joule im Zusam-

menhange mit seinen Untersuchungen über die durch magnetischen Einfluſs bewirkten Aenderungen der Dimensionen von Eisenstäben angestellt hat, auf eine Abnahme der Vertheilungsfähigkeit im Zustande intensiver Magnetisirung hinzudeuten scheinen [1]). Zu jener Zeit kannte ich noch nicht die neueren Versuche von Gartenhauser und Müller über die Magnetisirung des weichen Eisens, allein seitdem habe ich in Poggendorff's Annalen 1850 No. 3. (erschienen im April) einen Bericht von diesen Untersuchungen gesehen, welche den zweiten Theil meiner Muthmaſsung vollkommen bestätigen. Ob indeſs die Vertheilung der Kraft von der Art sey, daſs sie die von Hrn. Plücker zur Stütze seiner Folgerung angeführten Erscheinungen erkläre, läſst sich ohne vollständige Kenntniſs der Umstände nicht beurtheilen. Ein *Experimentum crucis* lieſse sich mittelst eines Elektromagnets ohne Eisenkern anstellen.

23. In einer Beziehung erhalten Plücker's Ansichten eine merkwürdige Bestätigung durch Joule's und durch Gartenhauser und Müller's Versuche, wenn es wahr ist, daſs eine homogene diamagnetische Substanz genau der magnetisirenden Kraft proportional magnetisirbar ist, oder von dieser Proportionalität weniger abweicht als das weiche Eisen. Denn macht man ein Gemisch aus einer diamagnetischen Substanz (gepülvert oder nicht) und einer äuſserst kleinen gleichmäſsig vertheilten Menge von weichem sehr fein gepülvertem oder gefeiltem Eisen, so würde eine kleine Kugel davon, als Ganzes, durch eine schwach magnetisirende Kraft gleich einer ferromagnetischen Substanz magnetisirt und von Orten schwächerer Kraft zu Orten stärkerer getrieben werden. Wenn man nun die magnetisirende Kraft langsam verstärkte, würde »das resultirende magnetische Moment« des gemischten Körpers erstlich wachsen, dann, nach Erreichung eines Maximums, bis Null abnehmen, und nun »negativ« werden, d. h. die Kugel als Ganzes würde gleich einer diamagnetischen Substanz magnetisirt und von Orten

1) *Phil. Mag.* 1847. *Vol. XXX. p.* 76 *et* 225., auch Sturgeon's *Annals*, 1840 *Aug.*

stärkerer Kraft zu Orten schwächerer getrieben werden. Dieſs ist es, wenn ich nicht irre, was Hr. Plücker von einem soliden Gemische angemessener ferromagnetischer und diamagnetischer Substanzen erwartet; allein bloſse Versuche mit weichem Eisen, wie die von Joule, von Gartenhauser und Müller, machen es nicht wahrscheinlich, daſs eine homogene schwach ferromagnetische Substanz, die kein oder nur wenig und zwar chemisch gebundenes Eisen enthält, durch die schwache Magnetisirung, welche selbst die stärkste Magnetkraft auf sie ausübt, minder empfänglich für eine neue Magnetisirung werde. Wenn indeſs Hrn. Plücker's Versuche zuletzt als entscheidend angesehen werden (was sie, glaube ich, sicher müssen, wenn diejenigen, bei welchen die Lage der Substanz nicht verändert wurde, sich bei einem reinen Elektromagnet bestätigen), so würde festgestellt seyn, daſs die Fähigkeit einer Lösung vom (ferromagnetischen) Eisenvitriol [1]) im (diamagnetischen) Wasser zur magnetischen Vertheilung (*Induction*) mit Verstärkung der magnetisirenden Kraft abnimmt, bei einer gewissen Stärke Null wird und darauf negativ, so daſs die Flüssigkeit, als Ganzes, bei gröſserer Kraft diamagnetisch seyn würde.

1) Ich setze voraus, daſs der Eisenvitriol sich im Zustande vollkommner Lösung befinde, wie es bei geringem Ueberschuſs an Säure der Fall ist. Wäre die Flüssigkeit, in Folge von ausgeschiedenem Eisenoxyd, trübe, so möchten die von Hrn. Plücker beobachteten Erscheinungen sich erklären lassen wie die bei einem starren Körper, der gepülvertes weiches Eisen in seiner Masse vertheilt enthält.

VII. *Ueber das Verhalten des Dampfes bei der Ausdehnung unter verschiedenen Umständen; von R. Clausius.*

Es ist vor Kurzem ziemlich gleichzeitig von Hrn. Rankine [1]) und von mir [2]) der Satz ausgesprochen, dafs gesättigter Wasserdampf, welcher sich in einem für Wärme undurchdringlichen Gefäfse befindet, wenn er zusammengedrückt wird, nicht gesättigt bleibt, sondern ohne sich niederzuschlagen noch eine gewisse Wärmemenge abgeben kann, und dafs er umgekehrt, wenn er sich unter denselben Verhältnissen ausdehnt, eine gewisse Wärmemenge von Aufsen empfangen mufs, wenn er sich nicht theilweise niederschlagen soll.

In Bezug auf diesen Satz weist Hr. W. Thomson in einem Briefe an Hrn. Joule [3]) darauf hin, dafs »man die Hand ohne Gefahr in einen aus der Sicherheitsklappe eines Hochdruck-Kessels hervorkommenden Dampfstrom stecken« könne. Er schliefst hieraus, dafs der Dampfstrom kein tropfbar flüssiges Wasser mit sich führe, und meint, dafs diese Thatsache mit jenem Satze im Widerspruche stehe, wenn sich nicht eine Quelle nachweisen lasse, aus welcher der Dampf beim Ausströmen die Wärme entnehme, welche nöthig ist, um ihn dampfförmig zu erhalten. Diese Quelle findet er in der beim Ausströmen stattfindenden Reibung, durch welche Wärme erzeugt werde.

Obwohl Hr. Thomson im weiteren Verlaufe seines Briefes selbst erwähnt, dafs nach der mechanischen Wärmetheorie durch die Verschiedenheit der Art, in welcher die Ausdehnung des Dampfes stattfindet, Unterschiede in

1) *Transactions of the Roy. Soc. of Edinb. Vol. XX, Pt. I, p.* 147, und im Auszuge: d. Ann. Bd. 81, S. 172.

2) Diese Ann. Bd. 79, S. 368 und 500, und im Auszuge: Monatsberichte der Königl. Preufs. Acad. der Wiss. Februar 1850.

3) *Phil. Mag. Vol. XXXVII, p.* 387 und d. Ann. Bd. 81, S. 477.

seinem Zustande bedingt werden, so scheint er doch bei der vorstehenden Bemerkung diese Unterschiede nicht berücksichtigt zu haben, indem er jenen Satz auf einen Fall anwendet, auf welchen er seiner Entwickelung nach gar nicht pafst. Für einen aus dem Kessel in die Luft austretenden Dampfstrom giebt die Theorie ein durchaus anderes Resultat, welches sich ebenfalls leicht ableiten läfst.

Wir wollen das Verhalten des Dampfes bei der Ausdehnung, welches unzähligen Modificationen unterworfen ist, in drei verschiedenen Fällen nebeneinander betrachten, welche wohl als die wichtigsten anzusehen sind, und in denen die wesentlichen Unterschiede besonders klar hervortreten.

Wir stellen nämlich die beiden Bedingungen, dafs der Dampf entweder bei seiner Ausdehnung einen seiner ganzen Expansivkraft entsprechenden Widerstand zu überwinden hat, oder dafs er in die Atmosphäre ausströmt, wobei ihm nur der atmosphärische Druck entgegensteht; und bei der letzten Bedingung machen wir noch den Unterschied, ob der Dampf in dem Gefäfse, aus welchem er ausströmt, getrennt von Wasser [1]), nur sich selbst überlassen ist, oder ob sich in dem Gefäfse auch Wasser befindet, welches den entweichenden Dampf immer wieder durch neuen ersetzt.

Es sey also *erstens* eine Gewichtseinheit Dampf in einem Gefäfse abgesondert vom Wasser im Maximum seiner Dichte gegeben, und dieser Dampf dehne sich nun aus, indem er z. B. einen Stempel zurückschiebe. Er soll dabei gegen den Stempel die *ganze* Expansivkraft, welche er in jedem Stadium seiner Ausdehnung noch besitzt, entwickeln, wozu nur nöthig ist, dafs der Stempel so langsam zurückweicht, dafs der ihm folgende Dampf seine Expansivkraft stets mit dem im übrigen Gefäfse befindlichen vollständig ausgleichen kann. Während der Ausdehnung soll dem Dampfe so viel Wärme entzogen oder mitgetheilt wer-

1) Ich werde im Folgenden der Kürze wegen immer von *Wasser* sprechen, obwohl dasselbe im Wesentlichen auch für jede andere Flüssigkeit gilt.

den, wie nöthig ist, damit er vollkommen dampfförmig und zugleich gesättigt bleibe. Es fragt sich nun, wie grofs die dazu erforderliche Wärmemenge ist.

Auf diesen Fall bezieht sich der von Hrn. Rankine und mir ausgesprochene Satz. Die Arbeit, welche der Dampf hierbei verrichtet, und die dazu verbrauchte Wärme ist nämlich so bedeutend, dafs, wenn die letztere ganz durch die freie Wärme des Dampfes ersetzt werden sollte, er sich zu sehr abkühlen würde, um noch vollständig dampfförmig zu bleiben, und es mufs ihm daher Wärme von Aufsen *mitgetheilt* werden.

Die Menge der bei einer Temperaturänderung um dt nothwendigen äufseren Wärme habe ich in meinem früheren Aufsatze mit hdt bezeichnet, wo h eine negative Gröfse ist, so dafs das Product hdt für wachsende Temperaturen negativ und für abnehmende positiv wird. Den für Wasserdampf geltenden Werth der Gröfse h habe ich als Function der Temperatur t in der Gleichung (33.)[1]) bestimmt, nämlich:

$$h = 0{,}305 - \frac{606{,}5 - 0{,}695t - 0{,}00002t^2 - 0{,}0000003t^3}{273 + t}.$$

Bezeichnet man also die Wärmemenge, welche der Dampfeinheit mitgetheilt werden mufs, wenn ihre Temperatur sich von t_1 bis t_2 ändert, mit Q_1, so kommt:

$$(1.) \quad Q_1 = \int_{t_1}^{t_2} h\,dt$$

und hiernach kann man den Werth von Q_1 für jeden bestimmten Fall leicht berechnen. Sey z. B. angenommen, der Dampf habe anfangs eine Spannkraft von 5 oder 10 Atmosphären, und dehne sich dann aus, bis seine Spannkraft auf Eine Atmosphäre herabgesunken sey, so mufs man nach Regnault's Bestimmungen t_1 resp. $= 152°{,}2$ oder $= 180°{,}3$ und $t_2 = 100°$ setzen, und erhält dadurch die Werthe:

1) A. a. O. S. 521.

(I.) Q, resp. $=52{,}1$ oder $=74{,}9$ Wärmeeinh.

Als *zweiten* Fall nehmen wir an, es sey wiederum eine Gewichtseinheit gesättigten Dampfes bei einer Temperatur t_1 über 100°, getrennt vom Wasser in einem Gefäfse eingeschlossen, und es werde nun in dem Gefäfse eine Oeffnung gemacht, so dafs der Dampf in die Atmosphäre ausströmen könne. Wir verfolgen ihn dabei jenseit der Oeffnung bis zu einer Entfernung, wo seine Spannkraft gerade gleich dem Drucke der Atmosphäre ist, er sich aber noch nicht mit der Luft vermischt hat, und fragen: wie viel Wärme mufs der ganzen Dampfmasse während der Ausströmung bis zu dieser Entfernung hin mitgetheilt werden, damit sie durchweg dampfförmig und gesättigt bleibe.

Die *innere* Arbeit, welche der Dampf bei dieser Ausdehnung zu vollbringen hat, ist genau dieselbe, wie im ersten Falle, da sowohl der Anfangs- als auch der Endzustand dem dortigen gleich ist. Die *äufsere* Arbeit dagegen ist viel geringer, denn während dort der Widerstand zu Anfang gleich der, der Temperatur t_1 entsprechenden Spannung war, und erst allmälig bis zu Einer Atmosphäre abnahm, beträgt er hier schon von Vorne herein nur Eine Atmosphäre. Demgemäfs ist auch die zu Arbeit verbrauchte Wärme geringer, so dafs der Dampf viel weniger Wärme als vorher von Aufsen zu empfangen braucht, um sich im dampfförmigen Zustande zu erhalten.

Dafs dieser Unterschied in Bezug auf den Wärmeverbrauch wirklich stattfindet, ist schon mit vollkommener Bestimmtheit bei der atmosphärischen Luft von Hrn. Joule experimentell nachgewiesen [1]). Dieser fand nämlich, dafs beim Einpumpen von Luft in ein festes Gefäfs, wobei die Art der Zusammendrückung dem ersten der beiden vorigen Fälle analog war, viel mehr Wärme zum Vorschein kam, als beim Ausströmen der comprimirten Luft in einen un-

1) *On the Changes of Temperature produced by the Rarefaction and Condensation of Air, by J. P. Joule. Phil. Mag. Vol. XXVI, pag.* 369.

ter dem atmosphärischen Drucke stehenden Raum, also unter Umständen, welche dem zweiten Falle analog waren, verschwand. Diese beiden Wärmemengen verhielten sich ziemlich nahe so, wie die nach den vorher angedeuteten Principien berechneten Arbeitsgröfsen.

Um nun für unseren Fall die Berechnung anzustellen, müssen eigentlich aufser dem Widerstande der Atmosphäre noch zwei andere Gröfsen berücksichtigt werden, nämlich der Widerstand, den der Dampf beim Ausströmen durch die Reibung erfährt, und die Arbeit, welche dazu verwandt werden mufste um dem Dampfe selbst die Bewegung mitzutheilen, welche er an den Punkten, wo seine Spannung dem atmosphärischen Drucke gleich ist, und wo wir ihn zuletzt betrachten, noch besitzt. Um die Reibung zu überwinden, mufs eine gewisse Wärmemenge verbraucht werden; durch die Reibung selbst aber wird wieder Wärme erzeugt, und wenn diese auch zum Theil in die Wände des Gefäfses übergeht, und von diesen fortgeleitet wird, so kommt doch der übrige Theil dem Dampfe wieder zu Gute. Es ist also ersichtlich, dafs die Wirkung der Reibung nicht, wie Hr. Thomson meint, in einem *Gewinne*, sondern vielmehr in einem *Verluste* von Wärme besteht, dafs dieser letztere aber nicht der ganzen auf die Reibung verwandten Arbeit, sondern nur einem Theile derselben entspricht. Wir wollen diesen, und ebenso auch den von dem zweiten erwähnten Umstande herrührenden Wärmeverlust, der unzweifelhaft nur gering ist, vernachlässigen, wodurch die Rechnung sehr einfach wird.

Man braucht nämlich von der im vorigen Falle geltenden Wärmemenge $\int_{t_1}^{t_2} h\,dt$ nur die Wärmemenge abzuziehen, welche dem Unterschiede der in beiden Fällen geleisteten äufseren Arbeit entspricht. Sey p die Spannkraft des Dampfes für die Temperatur t, und s das dazugehörige Volumen einer Gewichtseinheit. Seyen ferner p_1 und p_2 die Werthe von p und s_1 und s_2 die Werthe von s zu Anfang und zu

Ende der Operation, unter denen p_2 unserer Voraussetzung nach den Druck von einer Atmosphäre bedeutet, so ist die äufsere Arbeit:

$$\text{im ersten Falle} = \int_{s_1}^{s_2} p\,ds$$

$$\text{im zweiten Falle} = \int_{s_1}^{s_2} p_2\,ds.$$

Die dazu gehörigen Wärmemengen erhält man, wenn man diese Gröfsen mit dem Wärme-Aequivalente für die Einheit der Arbeit, welches ich mit A bezeichnet habe, multiplicirt. Demnach mufs man, wenn Q_2 die gesuchte Wärmemenge bedeutet, welche die Dampfeinheit beim Ausströmen bedarf, setzen:

$$(2.)\quad Q_2 = \int_{t_1}^{t_2} h\,dt - A\int_{s_1}^{s_2} p\,ds + A\int_{s_1}^{s_2} p_2\,ds.$$

Nun ist aber offenbar:

$$\int_{s_1}^{s_2} p_2\,ds = p_2(s_2 - s_1)$$

und:

$$\int_{s_1}^{s_2} p\,ds = p_2(s_2-\sigma) - p_1(s_1-\sigma) - \int_{p_1}^{p_2}(s-\sigma)\,dp$$

$$= p_2(s_2-\sigma) - p_1(s_1-\sigma) - \int_{t_1}^{t_2}(s-\sigma)\frac{dp}{dt}\,dt,$$

worin σ eine beliebige Constante ist, für welche wir das Volumen einer Gewichtseinheit Wasser setzen wollen, dessen Veränderlichkeit mit der Temperatur wir um so mehr vernachlässigen können, als das ganze Volumen des Wassers kaum in Betracht kommt. Diese Ausdrücke in (2.) eingesetzt, giebt:

$$(3.)\quad Q_2 = \int_{t_1}^{t_2} \left[h + A(s-\sigma)\frac{dp}{dt}\right] dt + Ap_1(s_1-\sigma)\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right).$$

Die Summe $h + A(s-\sigma)\frac{dp}{dt}$ ist nach Gleichung (III.) meines früheren Aufsatzes [1]) $= \frac{dr}{dt} + c$ und diese Summe wiederum nach Regnault's Bestimmungen eine nahe constante Gröfse, nämlich 0,305, so dafs (3.) übergeht in:

$$(4.)\quad Q_2 = -0{,}305(t_1-t_2) + Ap_1(s_1-\sigma)\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right).$$

Hierin ist nur noch die Gröfse $Ap_1(s_1-\sigma)$ unbekannt, und diese wird als Function der Anfangstemperatur t_1 durch die Gleichung (26.) meines früheren Aufsatzes [2]) bestimmt, so dafs Q_2 für jeden anfänglichen Druck und die dazu gehörige anfängliche Temperatur berechnet werden kann. Nimmt man z. B. den anfänglichen Druck wieder zu 5 oder 10 Atmosphären an, so kommt:

(II.) Q_2 resp. $= 19{,}5$ oder $= 17{,}0$ Wärmeeinh.

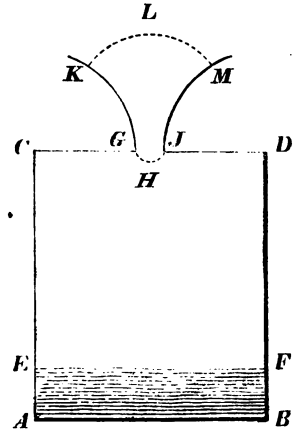
Da Q_2 eine positive Gröfse ist, so folgt, dafs auch in diesem Falle dem Dampfe Wärme nicht entzogen, sondern *mitgetheilt* werden mufs, wenn sich nicht ein Theil desselben niederschlagen soll, was dann nicht blofs an der Ausströmungsöffnung, sondern eben so gut auch im Innern des Gefäfses geschehen würde. Die Quantität dieses niedergeschlagenen Dampfes würde aber geringer seyn, als im ersten Falle, weil Q_2 geringer ist, als Q_1.

Es kann vielleicht auffallen, dafs die Gleichung (II.) für den anfänglichen Druck von 5 Atmosphären eine gröfsere Wärmemenge giebt, als für den von 10 Atmosphären. Das kommt aber daher, dafs bei 5 Atmosph. Druck das Volumen des Dampfes schon so gering ist, und bei einer Druckvermehrung bis zu 10 Atmosph. nur noch um einen so kleinen Raum abnimmt, dafs die dadurch bedingte Vermehrung der Arbeit beim Ausströmen überwogen wird von dem Ueberschusse der freien Wärme des 180°,3 warmen Dampfes über die des 152°,2 warmen.

1) A. a. O. S. 389.
2) A. a. O. S. 544.

Dieser eben betrachtete zweite Fall ist mit einiger Annäherung auf denjenigen Dampf anwendbar, welcher aus dem Cylinder einer Hochdruck-Maschine *ohne Expansion* nach vollbrachter Arbeit in die Atmosphäre ausströmt, wenn man annimmt, dafs der Dampf, so lange er mit dem Kessel in Verbindung stand, sich im vollständig dampfförmigen und gerade gesättigten Zustande erhalten habe. Für Maschinen *mit Expansion* mufs man von dem Momente an, wo der Dampf vom Kessel abgesperrt wird, für die Zeit, in welcher er durch blofse Ausdehnung den Stempel weiter treibt, den ersten Fall anwenden. *Vollständige* Anwendung würde dieser Fall nur bei einer Maschine finden, wo die Expansion so weit ginge, bis der innere Druck dem der Atmosphäre gleich wäre; und selbst bei solchen Maschinen, wenn es deren gäbe, würde der Zustand nicht ganz diesem Falle entsprechen, weil die durch die Reibung des Stempels im Cylinder erzeugte Wärme gewifs eine sehr beträchtliche Gröfse ist [1]).

Wir wenden uns nun endlich zu dem *dritten* Falle, nämlich zu dem, auf welchen sich die Bemerkung des Hrn. Thomson bezieht. Das Gefäfs *ABCD* (s. d. nebenstehende Fig.) sey bis *EF* mit Wasser und von da ab mit Dampf gefüllt. *GJ* sey die Ausströmungs-Oeffnung, und diese sey mit einem allmälig erweiterten Halse *GJKM* versehen, um die Ausbreitung des Dampfstromes regelmäfsiger zu machen, was aber nicht als ein nothwendiges Erfordernifs, sondern nur zur leichteren Anschauung des Folgenden angenommen ist. Das Was-



1) Anmerk. Ich habe in meinem früheren Aufsatze in Bezug auf den für den ersten Fall geltenden Satz, die Beobachtungen angeführt, welche Pambour an dem aus einer Hochdruck-Maschine nach vollbrachter Arbeit ausströmenden Dampfe angestellt hat. Dabei genügte es mir, dafs

ser werde durch irgend eine Wärmequelle constant auf der Temperatur t_1 erhalten, so dafs es fortwährend den ausströmenden Dampf durch neu entwickelten ersetze, und der ganze Ausströmungszustand stationär sey.

Es stelle nun GHJ eine Fläche dar, in welcher der hindurchgehende Dampf noch durchweg die Expansivkraft p_1 die Temperatur t_1 und das Volum v_1 hat, welche im Inneren des Gefäfses stattfinden, und mit welchen auch der neue Dampf sich entwickelt. KLM dagegen stelle eine Fläche dar, in welcher der hindurchgehende Dampf schon durchweg die Expansivkraft p_2, nämlich die von Einer Atmosphäre hat, ohne sich doch noch mit atmosphärischer Luft gemischt zu haben. Auf dem Wege von GHJ bis KLM werde dem Dampfe fortwährend so viel Wärme entzogen oder mitgetheilt, wie nöthig ist, damit er vollständig dampfförmig und gerade gesättigt bleibe, und also in der Fläche KLM gerade die Temperatur $t_2 = 100^0$ und das dazu gehörige Volumen s_2 habe. Es fragt sich, wie grofs die zu diesem Zwecke erforderliche Wärmemenge Q_3 für die Gewichtseinheit ausströmenden Dampfes sey.

Die *innere* Arbeit, welche der Dampf beim Ausströmen vollbringt, ist in diesem Falle wieder genau dieselbe wie die im vorigen; in Bezug auf die *äufsere* Arbeit dagegen tritt ein neuer von den vorigen wesentlich verschiedener Umstand ein.

Wir müssen nämlich hier die in den *beiden* Flächen GHJ und KLM geleistete Arbeit betrachten. Durch die Fläche GHJ wird die Gewichtseinheit Dampf mit dem Volumen s_1 und dem Drucke p_1 getrieben, und somit die Arbeit

$$p_1 . s_1$$

Pambour nicht, wie es nach der gewöhnlichen Wärmetheorie hätte seyn müssen, eine höhere Temperatur gefunden hat, als die, welche dem gleichzeitig beobachteten Drucke entsprach. Von solchen Beobachtungen zu verlangen, dafs sie auch genau die von der Theorie angegebene Menge tropfbar flüssigen Wassers in dem Dampfe nachweisen sollen, würde aus den oben angeführten Gründen und wegen mancher anderer noch mitwirkender störender Einflüsse nicht gerechtfertigt seyn.

geleistet. Diese Arbeit geht von dem Dampfe im Inneren des Gefäfses aus, und zwar nur von demjenigen, welcher sich während der Zeit des Ausströmens vom Wasser neu entwickelt. Denn dieser, indem er sich Raum verschafft, drängt die nächste Schicht vorwärts, diese wieder die folgende u. s. f., und so dienen alle darüber befindlichen Schichten nur dazu, die Arbeit von der Oberfläche des Wassers bis zu der Ausströmungsöffnung zu übertragen. Die zu dieser Arbeit verbrauchte Wärme ist schon in der latenten Wärme des neu entwickelten Dampfes enthalten, und braucht hier gar nicht weiter betrachtet zu werden.

Wenn nun in der Fläche *KLM* gerade dieselbe Arbeit geleistet würde, wie in *GHJ*, so käme auf den Raum zwischen den beiden Flächen gar keine eigene Arbeit, indem nur die Arbeit von der einen Fläche auf die andere übertragen wäre. Wird dagegen in *KLM* eine andere Arbeit als in *GHJ* vollbracht, so kommt auf den Zwischenraum die Differenz jener beiden Gröfsen als eigene Arbeit. Nun wird durch *KLM* die Gewichtseinheit Dampf mit dem Volumen s_2 und dem Drucke p_2 getrieben, also die Arbeit

$$p_2 . s_2$$

geleistet, und die in dem Zwischenraume vollbrachte Arbeit ist somit:

$$p_2 . s_2 - p_1 . s_1 ,$$

welches eine negative Gröfse ist, wodurch angezeigt wird, dafs in diesem Raume sogar ein Theil der schon vollbrachten äufseren Arbeit wieder verloren geht.

Mit der Gröfse $p_2 . s_2 - p_1 . s_1$ mufs man nun ebenso verfahren, wie im zweiten Falle mit der Gröfse $\int_{s_1}^{s_2} p_2 ds$, und erhält dadurch der Gleichung (2.) entsprechend die Gleichung:

$$(5.) \quad Q_3 = \int_{t_1}^{t_2} h dt - A \int_{s_1}^{s_2} p ds + A(p_2 . s_2 - p_1 . s_1).$$

Wenn

Wenn man mit dieser Gleichung dieselben Veränderungen vornimmt, wie die, mittelst deren aus der Gleichung (2.) die Gleichung (4.) abgeleitet wurde, und dann die mit dem Factor σ behafteten Glieder vernachläfsigt, so kommt:

$$(6.) \quad Q_3 = -0{,}305(t_1 - t_2),$$

und wenn man hieraus wieder die Zahlenwerthe von Q_3 für einen anfänglichen Druck von 5 oder 10 Atmosphären berechnet, so erhält man:

(III.) Q_3 resp. $= -15{,}9$ oder $= -24{,}5$ Wärmeeinh.

Aus dem Umstande, dafs die Werthe von Q_3 negativ sind, folgt, dafs für diesen Fall dem Dampfe nicht Wärme mitgetheilt, sondern *entzogen* werden mufs, und zwar dieselbe Menge, welche man auch nach der gewöhnlichen Wärmetheorie finden würde. Wenn diese Wärmeentziehung bis zu der betrachteten Stelle nicht hinlänglich stattfindet, so wird dort der Dampf wärmer als 100° und somit, falls er nicht *mechanisch* mit fortgerissenes Wasser enthält, vollkommen trocken seyn.

Man sieht also, dafs man zur Erklärung der von Hrn. Thomson angeführten Thatsache der Reibung nicht bedarf. Im Gegentheile wird, wie schon erwähnt, durch die Reibung ein Wärme*verlust* bedingt, welcher im Vorigen nicht mitgerechnet ist, der aber auch in solchen Fällen, wie beim Ausströmen des Dampfes aus dem Sicherheitsventile eines Hochdruck-Kessels, durchaus nicht hinreichen wird, die in (6.) gefundene Wärmemenge zu verzehren.

VIII. *Ueber den theoretischen Zusammenhang zweier empirisch aufgestellter Gesetze über die Spannung und die latente Wärme verschiedener Dämpfe;* von R. Clausius.

Man sieht schon bei oberflächlicher Betrachtung der Spannungsreihen, welche experimentell für die Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten ermittelt sind, dafs darin eine gewisse Gleichförmigkeit obwaltet, und man hat sich daher vielfach bemüht in dieser Beziehung ein bestimmtes Gesetz aufzufinden, mittelst dessen man die für Eine Flüssigkeit, z. B. für Wasser, geltende Reihe auch auf andere Flüssigkeiten anwenden könnte.

Ein sehr einfaches Gesetz der Art wurde von Dalton ausgesprochen, welches dahin ging, dafs, wenn man die zu gleichen Spannungen gehörenden Temperaturen *entsprechende* Temperaturen nennt, dann bei irgend zwei Flüssigkeiten *alle Differenzen zwischen entsprechenden Temperaturen gleich seyen.*

Dieses Gesetz stimmt bei Flüssigkeiten, deren Kochpunkte nicht weit von einander entfernt liegen, auch ziemlich gut mit der Erfahrung überein; bei solchen aber, die eine sehr verschiedene Flüchtigkeit besitzen, wird es ungenau. Dieses zeigt sich z. B. bei der Vergleichung des Quecksilberdampfes nach den Beobachtungen von Avogrado [1]) mit dem Wasserdampfe, und noch vollständiger hat es sich durch die Untersuchungen von Faraday [2]) über die Condensation der Gase herausgestellt.

In den Zusatzbemerkungen zu seiner Abhandlung spricht dieser sich, nachdem er die Anwendung des Dalton'schen

1) Im Auszuge *Ann. de chim. et de phys. XLIX, p.* 369 und diese Annalen Bd. XXVII, S. 60; vollständig *Mém. de l'Acad. de Turin. Vol. XXXVI.*

2) *Phil. Trans. of the Royal Soc. of London for* 1845 *p.* 155 und diese Ann. Bd. 72*a*, S. 193.

Gesetzes auf die Gase zurückgewiesen hat, folgendermafsen aus: »Sofern die Beobachtung der folgenden Substanzen, nämlich: Wasser, schwefelige Säure, Cyan, Ammoniak, Arsenikwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoffsäure, Kohlensäure, ölbildendes Gas etc. einen Schlufs auf ein allgemeines Gesetz rechtfertigen, möchte es scheinen, als ob, je flüchtiger ein Körper sey, desto schneller die Kraft seines Dampfes bei weiterer Zunahme der Wärme wachse, wenn man bei allen von einem gegebenen Punkte des Druckes anfängt;« und weiterhin: »Es scheint somit aller Grund zu seyn, zu erwarten, dafs die Zunahme der Elasticität sich direct wie die Flüchtigkeit der Substanz verhalte, und dafs bei fernerer und genauerer Beobachtung der Kräfte ein allgemeines Gesetz abgeleitet werden möge, mit Hülfe dessen aus einer einzigen Beobachtung der Kraft irgend eines Dampfs in Berührung mit seiner Flüssigkeit seine Elasticität für jede andere Temperatur erhalten werden kann«.

Dasselbe, was Faraday hier mit sichtlicher Zurückhaltung und Vorsicht ausspricht, findet man noch einmal, und zwar in der Form einer bestimmten Gleichung ausgedrückt, in einem späteren Aufsatze von Hrn. Groshans [1]). Die Gleichung (3.) dieses Aufsatzes enthält nämlich implicite folgendes Gesetz: *Wenn man alle Temperaturen von* -273° *C. ab* (d. h. von derjenigen Temperatur ab, welche durch den umgekehrten Werth des Ausdehnungscoëfficienten der Luft bestimmt wird,) *zählt, so sind für irgend zwei Flüssigkeiten alle entsprechenden Temperaturen proportional.*

Obwohl dieses Gesetz an sich wenigstens als *angenähertes* Gesetz viel Wahrscheinlichkeit für sich hat, und auch durch seine Uebereinstimmung mit den experimentellen Untersuchungen von Faraday und Avogrado unzweifelhaft mehr empfohlen wird, als das Dalton'sche, so läfst doch die Art, wie Hr. Groshans seine Gleichung ableitet, Manches zu wünschen übrig. Er schickt zuerst zwei Gleichungen voraus, welche nur als näherungsweise richtig zugestanden

1) Diese Ann. Bd 78, S. 112.

werden können, indem sie den Ausdruck des Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesezes für Dämpfe im Maximum der Dichte bilden. Dann aber wendet er zur weiteren Entwickelung den folgenden Satz an: Wenn bei zwei Dämpfen die Temperaturen so gewählt werden, dafs ihre Spannkräfte gleich sind, so sind bei diesen Temperaturen auch ihre Dichtigkeiten gleich, wenn die Dichtigheit jedes Dampfes bei der betrachteten Temperatur durch die Dichtigkeit desselben Dampfes bei seinem Siedepunkte gemessen wird. Diesen Satz stellt der Verf. in dem angeführten Aufsatze ganz ohne Beweisgründe hin; in einem späteren Aufsatze [1]) aber sagt er, dafs er ihn daraus geschlossen habe, dafs bei 7 verschiedenen Körpern, zusammengesezt aus $pC+qH+r0$, die Dichtigkeit der Dämpfe bei ihren Siedepunkten verglichen mit der Dichte des Wasserdampfes bei 100° durch die Formel

$$D=\frac{p+q+r}{3}$$

ausgedrückt werden könne; und bald darauf [2]) sagt er selbst: »Es giebt viele Körper, auf welche die Formel

$$D=\frac{p+q+r}{3}$$

nicht anwendbar ist«. Hiernach darf man die Begründung jenes Satzes wohl nicht als überzeugend betrachten, und es scheint mir daher auch, als ob das oben erwähnte Gesetz durch Hrn. Groshans zwar eine bestimmtere Form, als in Faraday's Aussprüchen, nicht aber eine gröfsere Zuverlässigkeit gewonnen habe.

Bei dieser Unsicherheit verdient jeder neue Gesichtspunkt, von welchem aus man einen erweiterten Ueberblick über das Verhalten der Flüssigkeiten beim Verdampfen gewinnen kann, Beachtung, und es wird daher vielleicht nicht ohne Interesse seyn, zwischen jenem Gesetze über die *Spannkraft* der Dämpfe und einem anderen Gesetze über ihre *latente Wärme,* welches man ganz unabhängig von jenem ebenfalls empirisch als näherungsweise richtig gefunden

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 290.
2) A. a. O. S. 292.

hat, einen solchen Zusammenhang zu erhalten, dafs das eine als nothwendige Folge des anderen erscheint.

Ich meine nämlich das Gesetz, *dafs die latente Wärme einer Volumeneinheit des beim Siedepunkte entwickelten Dampfes bei allen Flüssigkeiten gleich sey.* Obwohl sich dieses bei den bisherigen Versuchen nicht vollkommen bestätigt hat, was auch, selbst wenn es vollkommen richtig wäre, schon deshalb nicht geschehen könnte, weil das Volumen der Dämpfe im Maximum ihrer Dichte noch zu wenig bekannt ist, so bietet es doch eine Annäherung an die Wirklichkeit dar, welche unmöglich zufällig seyn kann. Wir wollen es daher vorläufig als richtig annehmen, um es zu weiteren Folgerungen zu benutzen.

Zunächst ist klar, dafs, wenn es für die *Siedepunkte* aller Flüssigkeiten gilt, es auch für jedes andere System *entsprechender Temperaturen* gelten mufs, da die Siedepunkte ja nur von dem zufälligen Drucke der Atmosphäre abhängen, und demnach kann man es gleich dahin erweitern, *dafs die nach dem Volumen des Dampfes gerechnete latente Wärme eine für alle Flüssigkeiten gleiche Function der Spannung sey.* Bezeichne daher r die latente Wärme einer Gewichtseinheit eines Dampfes bei der Temperatur t, bei welcher das Volumen der Gewichtseinheit $= s$ ist, so dafs die latente Wärme einer Volumeneinheit durch den Bruch $\frac{r}{s}$ dargestellt wird, und sey p die dazugehörige Spannung, so kann man das Gesetz durch die Gleichung

$$(\text{I.}) \quad \frac{r}{s} = f(p)$$

ausdrücken, worin f das Symbol einer für alle Flüssigkeiten gleichen Function ist.

Substituirt man diese Function für $\frac{r}{s}$ in der Gleichung (V_a.) meines Aufsatzes über die bewegende Kraft der Wärme [1]), indem man darin das Volumen σ einer Gewichtseinheit Wasser gegen das des Dampfes vernachlässigt, so kommt:

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 508.

$$f(p)=A(a+t)\frac{dp}{dt},$$

worin A und a zwei Constante sind, von denen die letztere die Zahl 273 bedeutet, so dafs $a+t$ die von $-273°$ C. ab gezählte Temperatur des Dampfes ist. Führt man für diese der Kürze wegen das einfache Zeichen T ein, so heifst die Gleichung:

$$\frac{dT}{T}=\frac{A.dp}{f(p)},$$

und daraus erhält man durch Integration:

$$c.T=F(p)$$

worin F das Symbol einer anderen, ebenfalls für alle Flüssigkeiten gleichen Function, c dagegen eine willkührliche Constante ist, welche für jede Flüssigkeit besonders bestimmt werden mufs. Denkt man sich diese Gleichung nach p aufgelöst, so nimmt sie die Form:

$$\text{(II.)}\quad p=\varphi(c.T)$$

an, worin φ das Symbol einer dritten für alle Flüssigkeiten gleichen Function ist.

Diese Gleichung ist offenbar der mathematische Ausdruck des oben erwähnten Gesetzes über die Spannkräfte, indem man in ihr, um dieselbe Function, welche für Eine Flüssigkeit die Spannkraft aus der Temperatur bestimmt, auch auf irgend eine andere Flüssigkeit anzuwenden, nur die Temperatur mit einer anderen Constanten zu multipliciren hat, welche man sogleich bestimmen kann, wenn man für eine einzige Temperatur die Spannung kennt.

Es hat sich also, sofern man die Richtigkeit der Gleichung (V_a.) zugesteht, ergeben, dafs die beiden durch die, Gleichungen (I.) und (II.) dargestellten Gesetze so zusammenhängen, dafs, wenn *eins* derselben vollkommen richtig ist, es nothwendig auch das *andere* seyn mufs.

Falls aber, wie es mir wahrscheinlicher ist, beide Gesetze der Wirklichkeit nur angenähert entsprechen, so kann die Gleichung (V_a.), welche durch Einführung von T anstatt t in:

$$\frac{r}{s-\sigma}=A.T.\frac{dp}{dT}$$

übergeht, wenigstens dazu dienen, um aus dem Sinne und dem Grade, in welchem zwei Dämpfe in Bezug auf ihre latente Wärme von einander abweichen auch auf die Abweichung ihrer Spannungsreihen zu schliefsen, und umgekehrt. So zeigt es sich z. B. bei der Vergleichung des Wassers mit anderen Flüssigkeiten, dafs die Spannkraft des Wasserdampfes mit der Temperatur verhältnifsmäfsig schneller wächst, als die Spannkräfte anderer Dämpfe, und damit stimmt es vollkommen überein, dafs nach den Versuchen von Andrews [1]) der Wasserdampf eine gröfsere latente Wärme besitzt, als ein gleiches Volumen irgend eines anderen der von Andrews untersuchten Dämpfe, mit Ausnahme des Alkoholdampfes, welcher ihn noch ein Wenig übertrifft. Daraus sieht man, dafs es für die Anwendbarkeit jener beiden Gesetze durchaus nicht vortheilhaft ist, gerade das Wasser, wie es gewöhnlich geschieht, als Vergleichungsflüssigkeit auszuwählen, und dafs vielmehr die Vergleichung des Wassers mit den Flüssigkeiten von niedrigeren Kochpunkten ganz besonders dazu geeignet war, das Dalton'sche Gesetz zu unterstützen.

IX. *Ueber die totale Reflexion; von Hrn. J. Jamin.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XXX. p.* 257.)

In einer der Akademie der Wissenschaften vorgelegten, und in die *Ann. de Chimie et de Physique* (*Sér. III. T.* 29, *p.* 263) eingerückten Abhandlung [2]) habe ich an sehr verschiedenartigen durchsichtigen Körpern durch zahlreiche

1) *Quaterly Journal of the chem. Soc. of London No.* 1, *p.* 27; und diese Ann. Bd. 75, S. 501.

2) Wird im nächsten Hefte mitgetheilt werden. *P.*

Versuche gezeigt, dafs die Hauptcomponenten der reflectirten Bewegung einen nach der Incidenz verschiedenen Gangunterschied erlangen, und dafs, wenn das einfallende Lichtbündel geradlinig polarisirt ist, der reflectirte Lichtstrahl alle Kennzeichen einer elliptischen Polarisation annimmt. Diefs Resultat wird an starren Substanzen allgemein beobachtet, und wenn es richtig ist zu sagen, dafs es deren einige giebt, welche keine merkliche elliptische Polarisation zeigen, so mufs man hinzufügen, dafs sie äufserst schwer anzutreffenden Bedingungen genügen und einen besondern Fall darstellen, der um so interessanter ist als er selten verwirklicht wird.

Zur Zeit als Fresnel seine Reflexions-Formeln bekannt machte, nahm man gerade das Gegentheil an; man glaubte, die durchsichtigen Körper polarisirten das Licht geradlinig, und kannte höchstens nur den Schwefel und den Diamant als Ausnahmen von dem allgemein angenommenen Gesetz. Weit entfernt den Gangunterschied zwischen den Componenten der reflectirten Bewegung zu erklären stützt sich die Fresnel'sche Theorie gerade auf den Satz, dafs derselbe nicht existire, folglich gilt sie nur für Ausnahmen und ist nicht der allgemeine Ausdruck der Erscheinungen.

Andererseits weifs man, dafs der berühmte Physiker durch eine elegante Auslegung seiner Formeln zur Erklärung der Phänomene der totalen Reflexion geführt ward, und dafs er alle Umstände durch algebraische, aus seinen ersten Formeln hergeleitete Ausdrücke berechnete. Es war daher zu glauben erlaubt, dafs die Folgerungen aus zu wenig allgemeinen Principien eine Prüfung verdienten und damit wurde eine Wiederaufnahme der Frage von der totalen Reflexion, sowohl in theoretischer als experimenteller Hinsicht nothwendig.

Gesetzt es wäre kein Zweifel an der Theorie möglich, so könnte man doch gegen die von Fresnel gemachten experimentellen Prüfungen Zweifel erheben. Er schnitt Parallelepipede aus Glas und liefs im Innern derselbrn einen Lichtstrahl eine bestimmte Anzahl von Malen und unter

vorausberechneten Incidenzen sich reflectiren, mit der Bedingung, dafs der ausfahrende Strahl geradlinig oder circular polarisirt sey. Der Versuch bestätigte die theoretischen Voraussichten und zeigte, dafs bei der totalen Reflexion Phasenveränderungen vorkommen. Allein da es damals an genauen Kennzeichen zur Beurtheilung der Polarisationsart eines Strahles fehlte, so kann man seine Versuche nur als eine angenäherte Bestätigung betrachten.

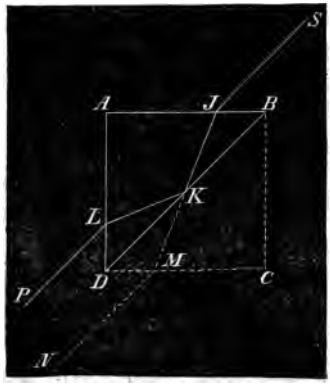
Ich habe oft in den physikalischen Kabinetten die Parallelepipede untersucht, die so geschnitten sind, dafs sie nach vier inneren Reflexionen die geradlinige Polarisation wieder herstellen sollen. Fast alle erfüllten den Zweck ihrer Construction nur annähernd, keins strenge. Man hat sie aus verschiedenen Glassorten construirt; ich habe welche vom stärkst brechenden Flintglas gesehen, aber immer mit den Winkeln, die Fresnel für das Tafelglas von St. Gobain berechnete; eins schien mir nicht schlechter als das andere zu seyn.

Man bemerkt ferner in diesen Apparaten einen Uebelstand, der sich vollständig fast nicht heben läfst, nämlich eine Heterogenität, welche die Wirkung rasch gekühlter Gläser hervorbringt. Diese entspringt aus zwei Ursachen, entweder aus Schlieren und Unregelmäfsigkeiten in den Glasmassen, von denen selten, vielleicht niemals, eine ganz frei ist; oder aus einer oberflächlichen Härtung, veranlafst durch den Druck, der beim Poliren des Glases nicht vermieden werden kann. Man begreift, dafs sich die Masse in parallelen Schichten anordnet, deren Dichtigkeit und Brechungsindex von der Oberfläche ab nach dem Innern sich verändert. Läfst man durch ein Fresnel'sches Parallelepiped einen Strahl parallel der Oberfläche und ihr sehr nahe hindurchgehen, so zeigt er beim Austritt eine sehr elliptische Polarisation, und der einfallende, wie der reflectirte Strahl, welcher im Moment der totalen Reflexion diese gehärtete dünne Schicht durchläuft, erleidet nothwendig eine merkliche Phasenveränderung, vor allem bei grofsen Neigungen, die man bisher gar nicht in Betracht gezogen hat.

Um diesen theoretischen Zweifel zu heben und diese experimentellen Fehlerquellen zu entfernen, habe ich die folgenden Versuche angestellt.

Ich gebrauchte Prismen von Saint-Gobain, deren Hauptschnitt ein rechtwinkliches gleichschenkliches Dreieck darstellt; sie sind frei von Schlieren und Blasen, sind seit langer Zeit polirt und haben durch sehr lang fortgesetzte Bearbeitung (*travail intérieur*) die Homogenitäts-Mängel, welche das Poliren herbeiführt, zum Theil verloren. Das gegen die Einfallsebenen um 45° polarisirte Licht trat durch eine der Seitenflächen in das Prisma ein und zu der anderen aus, nachdem es an der Hypothenusen-Fläche eine totale innere Reflexion erlitten hatte. Dieses Prisma befand sich im Centro meines allgemeinen Reflexionsapparats; ich konnte die Incidenzen an der Eintrittsfläche messen, die der totalen Reflexion berechnen und für den Austritt den Gangunterschied der Hauptstrahlen und das Verhältnifs ihrer Intensitäten mittelst des zu allen meinen Reflexionsversuchen benutzten Compensators bestimmen.

Der einfallende Strahl erlitt zwei Refractionen und eine Reflexion; er war überdiefs dem Einflufs unterworfen, der aus Aenderungen der Brechbarkeit der Substanz hervorging. Allein es ist in dieser Complication der Phänomene leicht, die allein von der totalen Reflexion herrührende Wirkung auszusondern.



Sey ABD das angewandte Prisma. Der einfallende Strahl SJ wird in J gebrochen, in K total reflectirt, und geht dann in Richtung LP zum Prisma hinaus.

Die einfallende, nach 45° der Hauptazimute polarisirte Schwingung zerfällt in zwei Schwingungen x und y, deren erste in der Einfallsebene und deren andere in der darauf winkelrechten Ebene vor sich geht, repräsentirt durch die Formeln:

$$x = \sin\xi, \quad y = \sin\xi.$$

Bei der Brechung im Punkte J erleiden sie eine Veränderung der Amplitude und werden zu

$$x = A\sin\xi \quad y = B\sin\xi.$$

Geschähe diese Brechung in einem vollkommen homogenen Mittel, so würde keine Phasenänderung eintreten; allein wegen der bezeichneten Dichtigkeitsänderungen in der Nähe der Oberflächen, gelangen die beiden Strahlen zum Punkte K mit einem Phasenunterschiede oder einer *Anomalie* gleich δ, und sie werden dadurch zu:

$$x = A\sin\xi, \quad y = B\sin(\xi + \delta).$$

Im Moment der totalen Reflexion können die beiden Componenten sowohl in ihren Phasen als in ihren Amplituden Veränderungen erleiden, sie werden dann:

$$x = AX\sin\xi, \quad y = BY\sin(\xi + \delta + \Delta).$$

Endlich geht der reflectirte Strahl durch den Raum KL und erleidet eine zweite Refraction, seine beiden Componenten multipliciren sich jede mit einem anderen Coëfficienten und ihre Phasen ändern sich vermöge des Durchgangs durch die Glasschicht in der Nähe des Austritts- und Reflexionspunktes; sie werden so zuletzt:

$$x = AXA'\sin\xi, \quad y = BYB'\sin(\xi + \delta + \Delta + \delta').$$

Diese beiden Vibrationen fange ich nun mit dem Compensator auf, der mir zu allen analogen Untersuchungen gedient hat und dessen Axen genau mit den Hauptebenen der Reflexion zusammenfallen. Beim Durchgang durch diesen Apparat verändern die Amplituden von x und y sich nicht, aber ihre Phasen vergröfsern sich um die durch den Compensator veranlafste; und da diese veränderlich ist, so kann sie gleich und im Zeichen entgegensetzt der der Componenten von x und y gemacht werden und zu deren Messung dienen. Drückt φ die Phase des Compensators aus, so hat man:

$$\delta + \Delta + \delta' = -\varphi \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Ueberdiefs werden die beiden Strahlen x und y con-

cordant und sie reconstituiren einen im Azimut β polarisirten Strahl, den man messen kann und dessen Tangente gleich ist dem Verhältnifs der Amplituden der Componenten:

$$\text{tang}\beta = \frac{BB'Y}{AA'X} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Um zu den Bestimmungen zu gelangen, die ich im Auge hatte, mufste ich aus den für den Gangunterschied gefundenen Resultaten die Gröfsen δ und δ' eliminiren, und auch den Werth der Gröfsen AA' und BB' kennen. Dazu gelangt man sehr genau auf folgende Weise.

Das zu den Versuchen angewandte Prisma war nur die Hälfte eines anderen doppelt so langen, welches ich winkelrecht auf seinen Kanten hatte durchschneiden lassen. Ich liefs nun die eine Hälfte in der Lage, welche sie besafs, und klebte an sie die andere mit Cassiaöl, gemengt mit so viel Terpenthin, dafs es annähernd denselben Brechungsindex wie das angewandte Glas bekam. Dadurch erhielt ich, wie die Figur anzeigt ein Parallelepiped mit quadratischer Basis, dafs, wie bei den früheren Versuchen, das Licht mit seiner Vorderseite auffing. Von J nach K erlitt der Strahl immer gleiche Actionen, ging dann, ohne merkliche Reflexion zu erleiden, durch die die beiden Prismen trennenden Oelschicht, drang in das zweite Prisma, durchlief den KL gleichen Raum KM und ging zum Glase hinaus, nachdem es ebenso viele Refractionen wie vorhin erlitten, dieselbe Glasdicke unter denselben Incidenzen durchlaufen, dieselben Gangunterschiede erlangt und dieselben Amplituden-Veränderungen, mit Ausnahme der von der totalen Reflexion herrührenden, erfahren hatte. Die beiden Componenten des ausfahrenden Strahls sind also:

$$x' = AA'\sin\xi, \quad y' = BB'\sin(\xi + \delta + \delta').$$

Wendet man zur Zerlegung dieses Strahls wie vorhin den Compensator an, so findet man einen Gangunterschied φ', gleich und im Zeichen entgegengesetzt dem $\delta + \delta'$, und ein Azimut β' von wiederhergestellter Polarisation, dessen Tangente gleich ist dem Verhältnifs der Amplituden:

$$\delta + \delta' = -\varphi' \quad \text{tang}\beta' = \frac{BB'}{AA'} \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Vergleicht man diese Resultate mit denen der Formeln (1) und (2) so ergiebt sich

$$\frac{Y}{X} = \frac{\text{tang}\beta}{\text{tang}\beta'} \quad \Delta = \varphi' - \varphi \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Die von der ersten dieser Formeln gelieferten Resultate waren leicht vorher zu sehen. Aufserdem hatte die Fresnel'sche Theorie festgestellt, dafs beim Act der inneren Reflexion, unter sehr schiefen Incidenzen, die Gesammtheit des Lichts reflectirt wird; daraus folgte offenbar, dafs die beiden Coëfficienten X und Y, welche die Amplituden-Veränderungen der in den Hauptebenen polarisirten Strahlen ausdrücken, der Einheit gleich werden, folglich auch unter sich gleich, und dafs also der Winkel β dem Winkel β' gleich seyn mufs. Wirklich hat der Versuch diefs immer aufs Vollständigste bestätigt. Ueberdiefs haben die neueren Versuche des Hrn. Arago die reflectirte Lichtmenge bei dem in Rede stehenden Phänomen direct gemessen und erwiesen, dafs wirklich Alles Licht reflectirt wird. Das von mir erhaltene Resultat ist also nur eine Folgerung, die man erwarten mufste.

Die für den Gangunterschied Δ erhaltenen Zahlen sind in der Tafel am Schlusse dieses Aufsatzes angegeben. Die Incidenzen an der Reflexionsfläche wurden aus denen, die man an der Eintrittsfläche mafs, berechnet, die zweite und dritte Spalte bezeichnen die Stellungen des Mikrometers am Compensator, wenn totale Reflexion statt hatte und wenn sie durch Uebereinanderlage beider Prismen vernichtet war. Die vierte und fünfte Spalte enthalten die Gangunterschiede in Function einer halben Wellenlänge, wie sie entweder aus dem Versuche oder aus der Fresnel'schen Formel hervorgehen. Man wird leicht die Uebereinstimmung dieser Resultate ersehen; man wird nicht auf die theoretische Richtigkeit der Fresnel'schen Formel schliefsen können, sondern sich überzeugen, dafs die Abweichungen zwischen ihr und der Erfahrung nicht wahrnehmbar ge-

macht werden können durch die von mir angewandten Verfahrungsarten.

Während ich diese Versuche anstellte, erkannte Hr. Cauchy, theoretisch und in gröfserer Allgemeinheit als Fresnel, das Problem der totalen Reflexion. Er bewiefs, dafs die Menge des reflectirten Lichts gleich ist der des einfallenden, und fand für den Phasenunterschied Δ die Formel:

$$\frac{\text{tang}\frac{1}{2}\Delta}{\cos i} = \varepsilon + \frac{\sin^2(i-J)\sin^2(i+J)}{\sin^2 J}$$

worin J den Winkel des Anfangs der totalen Reflexion und ε die von mir mit dem Namen Ellipticitätscoëfficienten belegte Gröfse bezeichnet. Die ehedem von Fresnel gegebene Formel kann unter die Form gebracht werden:

$$\frac{\text{tang}\frac{1}{2}\Delta}{\cos i} = \frac{\sin^2(i-J)\sin^2(i+J)}{\sin^2 J}.$$

Diese beiden Formeln weichen, wie man sieht, nur durch eine Gröfse von einander ab, die für Glas so äufserst klein ist, dafs es für den Versuch unmöglich ist, die aus der Addition von ε entspringenden Unterschiede sichtbar zu machen.

Zwar giebt es durchsichtige Substanzen, deren Ellipticitätscoëfficienten gröfser sind, und es wäre sehr interessant mit ihnen zu operiren, weil man dadurch die Verschiedenheit der beiden Formeln sichtbar machen und die eine gegen die andere rechtfertigen könnte; allein es stellen sich hier Schwierigkeiten ein, die mir nicht übersteiglich schienen. Schwefelarsen und durchsichtige Blende ermangeln immer der Homogenität, und wie schön die Stücke auch seyn mögen, so finden sich doch bei ihnen immer die Phänomene des gehärteten Glases. Die Strafs- und sehr brechenden Flintglassorten ändern sich beim Poliren bedeutend und nehmen die Homogenität nur durch Anlassen wieder an, zum grofsen Schaden für den Zustand ihrer Oberflächen. Es mangelt also an Material zu den Untersuchungen; und dasjenige, welches man besitzt, gehört gerade zu dem besonderen Fall, wo die beiden Theorien übereinstimmen.

Wie dem auch sey, da die Fresnel'schen Formeln nicht für den allgemeinen Fall gültig sind, während die Cauchy'schen sich bei allen Versuchen, die man unternehmen konnte, bestätigen, so mufs man die ersteren verlasssen und die zweiten als allein eine genügende Lösung des Problems der Reflexion liefernd betrachten.

Gang-Unterschied erzeugt bei totaler Reflexion an Glas $n = 1{,}545$.

Incidenz.	Compensator.		Interferenz		Unterschied.
			beobachtet.	berechnet.	
83°43'50"	18,89	19,57	0,052	0,052	0,000
83 16 20	18,76	19,53	0,058	0,056	+0,002
82 46 0	18,69	19,52	0,064	0,061	+0,003
82 12 20	18,67	19,52	0,065	0,065	0,000
81 36 0	18,57	19,50	0,071	0,070	+0,001
80 56 50	18,46	19,47	0,077	0,076	+0,001
80 14 20	18,37	19,47	0,083	0,082	+0,001
79 25 0	18,30	19,42	0,085	0,088	— 0,003
78 43 30	18,19	19,39	0,091	0,094	— 0,003
77 54 10	18,08	19,33	0,091	0,101	— 0,010
77 2 40	17,91	19,32	0,107	0,108	— 0,001
76 9 0	17,79	19,31	0,116	0,115	+0,001
75 13 20	17,64	19,30	0,126	0,123	+0,003
74 15 50	17,56	19,29	0,131	0,130	+0,001
73 16 30	17,47	19,28	0,138	0,138	0,000
72 15 30	17,32	19,26	0,147	0,146	+0,001
71 14 20	17,21	19,24	0,154	0,150	+0,004
71 12 50	17,23	19,24	0,153	0,154	— 0,001
70 41 0	17,10	19,23	0,162	0,159	+0,003
70 8 50	17,09	19,23	0,163	0,163	0,000
69 39 50	16,98	19,23	0,171	0,166	+0,005
69 3 20	16,96	19,23	0,173	0,171	+0,002
68 30 10	16,86	19,23	0,180	0,174	+0,006
67 56 30	16,88	19,22	0,178	0,179	— 0,001
67 22 40	16,81	»	0,183	0,183	0,000
66 48 30	16,73	»	0,189	0,188	+0,001
66 13 14	16,66	»	0,194	0,191	+0,003
65 39 30	16,60	»	0,199	0,196	+0,003
64 29 10	16,50	»	0,206	0,204	+0,002
63 18 10	16,33	»	0,219	0,212	+0,007
62 6 10	16,36	»	0,217	0,216	+0,001
60 53 10	16,27	»	0,224	0,228	— 0,004
59 39 30	16,19	»	0,230	0,231	— 0,001
58 25 20	15,99	»	0,245	0,242	+0,003
57 10 30	15,96	»	0,247	0,248	— 0,001
55 55 50	15,86	»	0,256	0,257	— 0,001
54 39 0	15,75	»	0,263	0,259	+0,004

Incidenz.	Compensator.		Interferenz beobachtet.	Interferenz berechnet.	Unterschied.
53°22′40″	15,72	»	0,266	0,263	+ 0,003
52 5 50	15,69	»	0,268	0,266	+ 0,002
50 49 0	15,66	»	0,270	0,268	+ 0,002
49 31 40	15,69	»	0,268	0,268	0,000
48 14 10	15,72	»	0,266	0,266	0,000
46 56 40	15,79	»	0,261	0,259	+ 0,002
46 1 50	15,89	»	0,253	0,253	0,000
43 38 50	15,92	»	0,250	0,250	0,000
45 0 0	16,00	»	0,244	0,242	+ 0,002
44 40 30	16,07	»	0,239	0,239	0,000
44 21 10	16,15	»	0,233	0,234	— 0,001
44 1 40	16,25	»	0,226	0,232	— 0,006
43 58 10	16,30	»	0,222	0,227	— 0,005
43 22 50	16,36	»	0,217	0,215	+ 0,002
43 3 20	16,49	»	0,207	0,208	— 0,001
42 44 0	16,52	»	0,205	0,198	+ 0,007
42 24 10	16,76	»	0,187	0,188	— 0,001
42 5 10	16,88	»	0,177	0,176	+ 0,001
41 45 50	17,15	»	0,157	0,162	— 0,005
41 36 10	17,27	»	0,148	0,154	— 0,006
41 26 30	17,39	»	0,139	0,147	— 0,008
41 16 50	17,50	»	0,130	0,135	— 0,005
41 7 0	17,57	»	0,125	0,124	+ 0,001
40 57 20	17,83	»	0,105	0,111	— 0,006
40 47 40	18,15	»	0,081	0,096	— 0,015
40 38 0	18,62	»	0,045	0,077	— 0,032
40 28 30	18,79	»	0,033	0,048	— 0,015
40 18 40	19,17	»	0,004	0,000	+ 0,004

X. *Ueber die vielfachen Bilder eines Gegenstandes, der zwischen zwei gegen einander geneigten ebenen Spiegeln befindlich ist; von A. Bertin.*

(*Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. XXIX. p.* 257.)

Das Problem der geneigten Spiegel ist in den meisten physikalischen Werken behandelt, aber, man darf es sagen, in keinem von ihnen gelöst. Wenn der Winkel der Spie-

Spiegel den n^{ten} Theil des Kreisumfangs ist, so sagen alle Verfasser übereinstimmend, dafs die Zahl der Bilder, mit Inbegriff des Gegenstandes, gleich n sey, während sie $n+1$ seyn kann. Wenn Einige von ihnen den allgemeinen Fall betrachten, wo der Winkel der Spiegel kein aliquoter Theil des Kreisumfangs ist, so lassen sie sich durch eine geometrische Construction verführen, die keine Beziehung zu dem physischen Probleme hat. Sie behaupten, die Zahl der Bilder müsse unendlich seyn; aber da die Zahl in Wirklichkeit bei jedem Versuch eine wohl bestimmte ist, sind sie genöthigt, diesen Widerspruch zu erklären, und sie thun es durch Gründe, welche die Reflexion nicht anzunehmen erlaubt. Alle diese Unvollkommenheiten rühren ohne Zweifel her von dem geringen Werth, den man diesem Probleme beimifst; indefs da es in allen physikalischen Vorlesungen behandelt wird, so habe ich geglaubt, dafs es nicht ganz ohne Interesse seyn würde, davon eine sehr einfache Lösung kennen zu lehren. Das ist der Zweck dieser Note.

Befindet sich ein Körper zwischen zwei geneigten Spiegeln, so giebt er in jedem derselben ein Bild, welches *hinter* dem einen, und dagegen *vor* dem anderen liegt, und folglich für letzteren ein wahrhafter Gegenstand ist. Daraus erfolgt in diesem Spiegel ein zweites Bild, welches in dem ersten ein drittes Bild geben kann, und so fort. Allein diese Bilder entfernen sich immer mehr und mehr vom Gegenstand und fallen endlich in den Gegenwinkel der Spiegel, also hinter jeden derselben, sie werden also *unwirksam* d. h. unfähig andere zu liefern. Diese einfache Bemerkung zeigt sogleich, dafs, wie auch der Winkel der Spiegel seyn möge, die Anzahl der Bilder nothwendig eine begränzte ist.

Bezeichnen wir diesen Winkel mit 2α; im Allgemeinen ist er in dem Kreisumfang nMal enthalten nebst einem Rest 2β, so dafs der halbe Umfang $\pi = n\alpha + \beta$. Gesetzt nun die beiden Spiegel seyen senkrecht auf ein Blatt Papier gestellt, welches die Ebene unserer Versuche sey. Der Winkel beider Spiegel sey mit PCQ bezeichnet, der Ge-

genwinkel am Scheitel, derjenige, welcher alle unwirksamen Bilder enthält, mit $P'CQ'$.

Da jeder Spiegel sein Bild in dem anderen erzeugt, so wird die Gesammtheit aller dieser Bilder die Ebene in eine gewisse Zahl von Sectoren theilen, deren Anzahl nothwendig gerade ist, und die sich sogleich zeichnen lassen, wenn man hinter jedem Spiegel den Bogen 2α so oft aufträgt als er in dem halben Umfang enthalten seyn kann. Diese Bilder sind in unseren Figuren [1]) durch volle Linien dargestellt, bezeichnet mit Buchstaben, welche an die sie erzeugenden Spiegel erinnern, und versehen mit einem Index, welcher den Rang des Bildes angiebt.

Jeglicher Punkt, der zwischen beiden Spiegeln liegt, giebt in dem Spiegel P eine Reihe Bilder $p_1, p_2, p_3, \ldots$ alle liegend auf dem halben Umfang $PQ'P'$, dessen Centrum C ist. Ebenso sind die Bilder in dem Spiegel Q, die wir mit $q_1, q_2, q_3 \ldots$ bezeichnen, sämmtlich auf dem halben Umfang $QP'Q'$ gelegen; q_3 ist das Bild von p_2, wie p_2 das von q_1 etc. Wenn wir mehre Punkte zwischen den beiden Spiegeln betrachten, so versetzen wir sie auf verschiedene Kreise, damit ihre Bilder nicht verwechselt werden.

Es giebt einen Punkt, dessen successive Bilder man sogleich finden kann, nämlich die Mitte M des Bogens PQ; denn wenn man den Bogen $MP = MQ = \alpha$ hinter jedem Spiegel so oft aufträgt als er in dem halben Umfang enthalten seyn kann, d. h. nMal, so bestimmen die Punkte von gerader Ordnung 2, 4, 6, ..., wie wir gesehen haben, die Bilder der Spiegel, während die Punkte ungerader Ordnung 1, 3, 5, 7 .... die Bilder des Punktes M seyn werden. Es giebt also, die Ueberdeckung ungerechnet:

1) wenn n gerade ist.

$\frac{1}{2}n$ Bilder von Spiegeln hinter jedem, was im Ganzen n Bilder von Spiegeln giebt oder $n+2$ wenn man diese selbst mitzählt.

$\frac{1}{2}n$ Bilder des Punktes M hinter jedem Spiegel, folglich im Ganzen n Bilder dieses Punktes, oder $n+1$ wenn man ihn selber mitzählt.

1) Auf Taf. III des folgenden Hefts. *P.*

2) wenn n ungerade ist.

$\frac{1}{2}(n-1)$ Bilder von Spiegeln hinter jedem, also im Ganzen $n+1$ Bilder von Spiegeln, wenn man diese mitzählt.

$\frac{1}{2}(n+1)$ Bilder des Punktes M hinter jedem Spiegel, folglich im Ganzen $n+2$ Bilder dieses Punktes, ihn selber mitgezählt.

Nehmen wir, dem Herkommen gemäfs, die Bezeichnung an, welche den Gegenstand als ein Bild mitzählt, und untersuchen kurz die beiden so eben angedeuteten Fälle.

Erster Fall. — n ist gerade z. B. $=6$.

1. $\pi=6\alpha+\beta$ (Fig. 1 Taf. III.) Die allgemeine Construction giebt uns für diesen Fall acht Bilder von Spiegeln; sie bilden acht Sectoren, von denen die beiden letzten P_3CQ_2 und P_2CQ_3, indem sie einander zum Theil überdecken, in jeder Verlängerung der Spiegel einen Bogensector Q_2Q_3 oder P_2P_3 gleich 2β geben und zwischen diesen beiden einen Sector P_3CQ_3, der von einem Bogen gleich $2(\alpha-\beta)$ bespannt wird.

Ebenso finden wir sieben Bilder der Bisectrix CM. Die beiden letzten p_3 und q_3 liegen in einem Abstand von CM' gleich β und folglich schneiden sie zwischen sich einen Bogen gleich 2β ab.

Verlängert man endlich CP_3 nach R, so hat man einen Punkt, dessen Abstand von Q auch gleich β ist, dessen Bilder ebenfalls um den Bogen β von denen von Q entfernt sind, und dessen Bild q''_3 also auf die Verlängerung des Spiegels P fällt und unwirksam ist. Dasselbe gilt mit mit noch mehr Grund von jedem Punkte A, der in Bezug auf Q jenseits R liegt, während ein Punkt B, der in dem Winkel RCQ liegt, sein Bild q_3 noch vor dem Spiegel P liegen haben, und in diesem Spiegel ein Bild p_4 hervorbringen wird.

Mithin werden wir haben:

8 oder $n+2$ Bilder von Spiegeln
7 oder $n+1$ Bilder der Bisectrix CM
7 oder $n+1$ Bilder von jedem Punkt A zwischen R u. M
8 oder $n+2$ Bilder von jedem Punkt B zwischen R u. Q.

2. $\pi = 6\alpha$ (Fig. 2 Taf. III.) Gesetzt man öffne den Winkel PCQ bis der Winkel β verschwindet; man wird sogleich sehen, was geschieht.

Die Bilder P_2 und P_3 des Spiegels P, deren Abstand gleich 2β ist, nähern sich und fallen endlich zusammen; ebenso ist es mit Q_2 und Q_3, so dafs man nur n Bilder von Spiegeln erblickt.

Die beiden letzten Bilder der Bisectrix p_3 und q_3, deren Abstand gleich 2β ist, fallen gleichfalls zusammen, und auch diefs reducirt die Bilder dieser Linie auf n.

Der Punkt B verschwindet, weil er in dem Winkel RCQ liegt, der Null wird.

Was den Punkt A betrifft, so ist es, um zu sehen, was aus seinen Bildern wird, hinreichend, sich die Lage seiner drei letzten q'_2, q'_3, p'_3 zu merken; q'_2 und q'_3 sind von CQ_2 entfernt um einen Bogen qA, und diesen Abstand hat auch p'_3 von CQ_3; so dafs die Ueberdeckung von Q_3 durch Q_2, die von q'_3 durch p'_3 herbeiführt, und diefs reducirt die Anzahl der Bilder des Punktes A gleichfalls auf n.

Wenn mithin der Winkel der Spiegel ein gerades Submultiplum des Kreisumfangs ist, so giebt es wirklich $n+1$ Bilder des Gegenstandes, aber die Ueberdeckung der beiden letzten reducirt diese Zahl auf n zurück.

Zweiter Fall. — n ist ungerade z. B. $= 7$.

1. $\pi = 7\alpha + \beta$ (Fig. 3 Taf. III.) Auch hier finden wir acht Bilder von Spiegeln; sie bilden acht Sectoren, von denen sieben unter sich gleich sind, während der achte, $P_3 CQ_3$, nur einen Bogen gleich 2β bespannt.

Die allgemeine Construction giebt uns ebenso neun Bilder der Bisectrix CM. Die Bilder p_3 und q_4 sind symmetrisch und conjugirt in Bezug auf den Spiegel Q von denen jedes um den Bogen β entfernt ist. Dasselbe kann man von q_3 und p_4 in Bezug auf den Spiegel P sagen.

Verlängert man CQ_3 nach R, so hat man einen Punkt, dessen Abstand von M auch noch gleich β ist, dessen Bilder von denen von M auch denselben Bogen β zum Ab-

stand haben, und dessen Bild p''_3 also auf die Verlängerung des Spiegels Q fällt und unwirksam ist. Dasselbe gilt um so mehr von jedem Punkt B, der in Bezug auf M jenseits R gelegen ist, während ein in dem Winkel RCM liegender Punkt A sein Bild p_3 noch vor dem Spiegel Q zu liegen hat und in demselben ein Bild q_4 erzeugt.

Zusammengefafst haben wir also:

8 oder $n+1$ Bilder von Spiegeln
9 oder $n+2$ Bilder der Bisectrix CM
9 oder $n+2$ Bilder von jedem Punkt A zwischen R u. M
8 oder $n+1$ Bilder von jedem Punkt B zwischen R u. Q.

2. $\pi = 7\alpha$ (Fig. 4 Taf. III.) Gesetzt man öffne den Winkel PCQ bis der Rest β verschwindet.

Die beiden Bilder der Spiegel P_3 und Q_3, deren Abstand gleich 2β ist, nähern sich und fallen endlich zusammen, wenn β Null wird, so dafs man dann nur n Bilder von Spiegeln erblickt.

Die Bilder p_3 und q_4 der Bisectrix, deren Abstand vom Spiegel gleich β ist, nähern sich diesem Spiegel, und stellen sich endlich auf dessen Verlängerung; allein das Bild q_4 wird unsichtbar, denn es könnte nur von einem in der Ebene des Spiegels Q befindlichen Auge gesehen werden. Dieselbe Bemerkung gilt vom Bilde p_4 in Bezug auf den Spiegel P, so dafs die Anzahl der Bilder der Bisectrix auch auf n reducirt wird.

Der Punkt A verschwindet mit dem Winkel MCR gleich β.

Was den Punkt B betrifft, so führt die Ueberdeckung von Q_3 durch P_3 nicht die irgend eines seiner Bilder mit sich. Vielmehr bleiben diese immer in der Anzahl $n+1$ paarweise symmetrisch geordnet in Bezug auf die des Spiegels Q. Die beiden letzten q'_3 und p'_4 stehen von einander ab um eine Gröfse, die dem doppelten Abstande des Punktes B von der Bisectrix CM gleich ist, und können nur zusammenfallen, wenn der Punkt B auf der Bisectrix liegt.

Zusammengefafst:

1) Wenn der Winkel der Spiegel ein aliquoter Bruch vom Kreisumfang ist, der n^{te} Theil von vier rechten Winkeln, so ist die Anzahl der Bilder, darin den Gegenstand mitbegriffen, im Allgemeinen gleich $n+1$. Allein diese Anzahl reducirt sich auf n in zwei Fällen: *a*) wenn n gerade ist, *b*) wenn der Gegenstand auf der Bisectrix des Winkels der Spiegel liegt.

2) Wenn der Winkel der Spiegel nMal in dem Kreisumfang mit einem Rest enthalten ist, oder zwischen den n^{ten} und $(n+1)^{ten}$ Theil von vier rechten Winkeln fällt, so ist die Anzahl der Bilder wenigstens $n+1$; sie kann für eine zweckmäfsige Lage des Lichtpunkts $n+2$ seyn.

XI. *Ueber die Erscheinungen an einem Wasserstrahl; von J. Tyndall.*

§. 1.

Die neuen Untersuchungen des Hrn. Magnus über die Bewegung der Flüssigkeiten lenken das Interesse auf eine Reihe alltäglicher Erscheinungen und zeigen unter Anderen, dafs die Entstehungsweise der Blasen, welche sich bilden, wenn man ein Glas Wasser in eine andere Wassermasse eingiefst, bisher noch nicht hinreichend ermittelt war. Venturi suchte davon Rechenschaft zu geben, indem er annahm, dafs die Luft am Wasser hafte und mit ihm herabgeführt werde. Aber bei geringer Aufmerksamkeit auf den Versuch wird man gezwungen, diese Vorstellung zu verlassen und, wie Hr. Magnus, eine Erklärung anderswo zu suchen.

Befestigt man in dem verengten Theil eines Trichters (welcher etwa einen Schoppen Wasser hält), vermittelst

eines Korks ein enges Glasrohr, so hat man einen zu verschiedenen Versuchen dieser Art geeigneten Apparat. Durch Aenderung des Durchmessers der Röhre läfst sich ein Strahl von beliebiger Dicke erhalten.

Wird ein solcher Trichter mit Wasser gefüllt und in gewisser Höhe über ein darunter gestelltes Becherglas gebracht, so geht von ihm ein Strahl aus, der an seinem oberen Theile zusammenhängend und durchsichtig ist, wie ein fester Glasstab. Er verengt sich nach unten und nimmt von dem Querschnitt [1]), in welchem die gröfste Zusammenziehung stattfindet, eine unstäte Bewegung an. Savart schrieb diefs der Auflösung in getrennte Massen zu. Verfolgt man den Strahl abwärts, so sieht man die Wassertheilchen desselben an Gröfse abnehmen und bei hinreichender Höhe würden sie einen Wasserstaub bilden, ähnlich dem grofsartigen Beispiele, welches wir in dem Staubbach-Fall bei Lauterbrunn in der Schweiz finden. Reisende schreiben die Zertheilung der Wassermasse in der Regel dem Widerstande der Luft zu; jedenfalls kann dieser Umstand aber nur eine untergeordnete Rolle spielen, da ein Wasserstrahl im luftleeren Raume seine Gestalt nicht wesentlich ändert.

Die Beschleunigung des fallenden Wassers durch den Einflufs der Schwere scheint ausreichend, um die Zusammenziehung des Strahls zu bewirken. Während das Wasser durch das Rohr hindurchgeht, hat es den Widerstand, der aus der Reibung desselben an den Wänden der Röhre und durch die Capillarattraction entspringt, zu überwinden; wenn der Wasserstrahl aus der Röhre austritt, verschwindet dieser Widerstand und er ist nun den gewöhnlichen Fallgesetzen unterworfen. Die Geschwindigkeit des Wassers, einen Zoll unter dem Ende des Rohres, ist demnach gröfser als am Ende selbst, daher mufs der Strahl sich entweder verengen oder zerreifsen. Eine Verticalebene schneidet die Oberfläche des Strahls in einer Curve, de-

1) In der vorliegenden Abhandlung ist diese Stelle immer mit dem Namen des *contrahirten Querschnitts* bezeichnet worden.

ren Asymptote die Axe des Strahls ist. Es hängt damit zusammen, dafs wenn die Wirkung der Schwere aufgehoben würde, auch die Zusammenziehung des Strahls verschwinden müfste, und in der That läfst sich diefs nachweisen. Strömt das Wasser nach der Seite aus, so findet in dem horizontalen Theile keine Zusammenziehung statt. Bei verticaler Erhebung wird die Zusammenziehung negativ, der Strahl dehnt sich aus. Ist die Geschwindigkeit des Wassers beim Austritt beträchtlich, so bleiben die Querschnitte einander fast gleich.

Wir kommen auf die Entstehung der Blasen zurück. Venturi glaubte, wie bereits erwähnt, dafs sie durch Adhäsion herabgeführt werden. Hr. Magnus (wenn ich ihn recht verstehe) schreibt ihre Bildung zwei gleichzeitigen Ursachen zu: erstens, der Vertiefung an der Stelle, an welcher der herabkommende Strahl die Oberfläche der unteren Flüssigkeit trifft; zweitens, der auf verschiedene Weise hervorgebrachten Bewegung dieser Oberfläche, wodurch gleichsam ein Dach über der Vertiefung gebildet und so die Luft eingeschlossen wird. Der wahre Ursprung der Blasen ist unzweifelhaft hierin angedeutet. Ich erlaube mir einige Bemerkungen in dieser Beziehung hinzuzufügen und etwas näher auf den gedachten Vorgang einzugehen.

Eine Digerirflasche wurde halb mit Wasser gefüllt und hierauf mit einem gut schliefsenden Kork versehen, in dem ein bis unter die Oberfläche des Wassers hinabreichendes Glasrohr befestigt war. Das Glasrohr war oberhalb des Korks zweimal in einem rechten Winkel gebogen und zwar so, dafs ein aus der Flasche durch das Glasrohr dringender Wasserstrahl vertical abfliefsen mufste. Wurde das Wasser in dieser Flasche bis zum Kochen erhitzt, so trieb der erzeugte Dampf durch seinen Druck das Wasser aus der erwähnten Röhre hinaus [1]). In dem Maafse, als der Druck sich vermehrte, rückte der contrahirte Querschnitt

1) Das Rohr war dergestalt ausgezogen, dafs das Wasser vor dem Austreten durch einen engen gleichmäfsig weiten Kanal von etwa 4 Zoll Länge ging.

weiter von dem Ende des Rohres fort. War in gewissem Abstande davon ein mit Wasser gefülltes Gefäfs so aufgestellt, dafs die Oberfläche der Flüssigkeit den Strahl etwas über jenem Querschnitt durchschnitt, so zeigten sich keine Blasen. Die Flamme wurde nun von dem Kolben weiter entfernt; bei der alsbald verminderten Spannung der Dämpfe näherte sich der contrahirte Querschnitt der Oeffnung des Rohres und erhob sich endlich über die Oberfläche der Flüssigkeit. In demselben Augenblick traten Blasen auf, welche desto zahlreicher wurden je höher der contrahirte Querschnitt hinaufrückte.

Dieser Versuch scheint die Venturi'sche Ansicht zu widerlegen. Denn rührten die Blasen von der Adhäsion her, so müfste die Menge der herabgeführten Luft desto gröfser seyn, je gröfser die Geschwindigkeit des Wassers selbst ist. Aber das Gegentheil fand wirklich statt: während der gröfsten Geschwindigkeit wurden gar keine Blasen beobachtet. Ebenso wenig ist die Abwesenheit der Luftblasen dem Umstande zuzuschreiben, dafs die Oberfläche der Flüssigkeit nicht erschüttert war, denn auch beim Bewegen derselben mittelst eines Glasstabs zeigten sich in diesem Falle keine Blasen.

Das beschriebene Experiment kann auf eine einfache Weise auch mit Hülfe einer Spritzflasche (wie sie die Chemiker zum Auswaschen der Niederschläge anwenden) angestellt werden. Die durch Einblasen verdichtete Luft vertritt hier die Stelle des Dampfes. — Der Versuch wurde noch in folgender Weise abgeändert. Ein zinnernes cylindrisches Gefäfs von ungefähr 10 Zoll Höhe, in dessen Boden ein rundes Loch angebracht war, wurde mit Wasser gefüllt. Es flofs alsdann ein Strahl aus, dessen zusammenhängender Theil (dem vorigen gemäfs) in dem Grade sich verkürzte, als der Druck an der Ausflufsöffnung beim Herabsinken des Wassers in dem Gefäfse abnahm. Liefs man den Strahl in einen darunter befindlichen Wassernapf eintreten, so wiederholte sich der oben beschriebene Vorgang. Schnitt die Oberfläche dieser Flüs-

sigkeit den Strahl über dem contrahirten Querschnitt, so traten keine Blasen auf; sie erschienen aber in dem Augenblicke, in welchem jener Querschnitt über der Oberfläche sich zeigte. Auch in diesem Falle ward die Flüssigkeit in Bewegung versetzt; das Resultat war dasselbe wie vorher. So lehrt die Erfahrung, dafs die Bildung der Blasen nicht der Adhäsion der Luft zugeschrieben werden kann und dafs eine gleichzeitige Bewegung der Oberfläche sie nicht nothwendig zur Folge hat. Vielmehr müssen wir die Ursache davon in der Structur des Wasserstrahls unterhalb des contrahirten Querschnitts suchen. Ueber dieser Stelle ist die Wirkung des Strahls gegen das Wasser gleichförmig, ähnlich der eines festen Drahtes, welcher durch die Masse schnell herunter bewegt wird. Unterhalb derselben gleicht der Strahl einer Perlenschnur. Die Wirkung ist daher nicht gleichmäfsig; die Wassertheilchen in dem unteren Wassergefäfs werden abwechselnd zurückgestofsen und wieder vereinigt, je nachdem der Durchmesser einer Perle oder der Raum zwischen zwei aufeinander folgenden mit der Oberfläche der Flüssigkeit zusammenfällt. Auf solche Weise bewirkt das Auffallen jedes Tropfens ein Zurückweichen der Flüssigkeit nach allen Seiten und öffnet einen Raum, in welchen die Luft eintreten kann, und der theils durch die wieder zusammenschlagende Flüssigkeit, theils durch den nachfolgenden Tropfen geschlossen wird. Wenn ein glatter Faden zwischen den Fingern durch die Oberfläche der Flüssigkeit durchgezogen wird, so entstehen keine Blasen; sind aber Knoten in der Schnur angebracht, so kann man deren beliebig viele erzeugen. Die Richtung der Kraft, welche der Strahl ausübt, ist oberhalb des contrahirten Querschnitts vertical, aber unter dieser Stelle liefert jeder Tropfen eine Componente, welche das Wasser nach der Seite treibt und der Luft Raum zum Eintritt gestattet. Dasselbe geschieht, wenn statt der Wassertropfen Schrotkörner angewandt werden.

Alle diese Erscheinungen kann man sehr wohl mit Oel

darstellen. Betrachtet man den hier stattfindenden Vorgang durch die Seitenwand des Glases, so bemerkt man wie die Luftblasen in der Flüssigkeit Ellipsen beschreiben. Dasselbe ist beim Wasser der Fall, nur ist die Eccentricität der Curven gröfser. Sieht man von oben her auf die Oberfläche der Flüssigkeit, so bemerkt man wie die Blasen dem Punkte, an welchem der Strahl eintritt, sich nähern und hier verschluckt werden. Bisweilen hält sich eine einzelne Blase wohl fünf Minuten unter dem Wasserstrahl. Der bekannte Versuch, worin man eine Kugel auf einem verticalen Wasserstrahl tanzen läfst, ist gleichsam die umgekehrte Erscheinung.

§. 2.

Wenn ein dünner ruhiger Strahl an der Oberfläche einer Flüssigkeit oberhalb des contrahirten Querschnitts durchschnitten wird, so bildet sich nicht eine Vertiefung, sondern vielmehr eine Erhöhung. Das Wasser zieht sich an dem Strahl bis zu einer gewissen Höhe hinauf und bildet so eine kleine konische Erhebung an der Basis der Wassersäule. Man beobachtet diefs am besten, wenn man den Strahl in ein mit Wasser ganz angefülltes Glas fliefsen läfst. Dem in gleichem Niveau mit der Wasserfläche befindlichen Auge ist alsdann jene Erhebung deutlich sichtbar. Es rührt diese Erscheinung offenbar von einer Capillarattraction her, bei der sich der Wasserstrahl wie ein fester Stab verhält.

Fliefst das Wasser durch eine Röhre mit elastischen Wänden, so ist der Strahl, selbst vor dem Maximum der Zusammenziehung, unstät. Dasselbe tritt in der Regel ein, wenn das Wasser mit grofser Geschwindigkeit durch ein Glasrohr hindurchgeht. Im letzten Falle wird es an den Wänden des Rohrs durch Reibung aufgehalten und bildet so gleichsam an dem inneren Theil einen veränderlichen Kanal. Vielleicht erklärt diefs die Thatsache, welche von Hrn. Magnus gegen Venturi's Ansicht geltend gemacht worden ist, dafs nämlich Blasen auftreten, auch wenn

die Ausflufsöffnung nur wenige Millimeter von der Oberfläche des Wassers entfernt ist.

§. 3.

Der Eintritt des Strahls in die Flüssigkeit kann auf eine indirecte Weise leicht mit Hülfe einer Lichtflamme wahrnehmbar gemacht werden. Befindet sich das Wasser in einem weifsen Napf, so sieht man die Schatten der Blasen auf dem Boden desselben. Auch ist jede Veränderung an der Stelle des Eintritts an dem Schatten deutlicher sichtbar, als wenn sie direct beobachtet würde. Ist der Strahl vollkommen ruhig, so gränzt jener auf dem Boden mit aller Schärfe sich ab, und an dem Ende des Schattens entsteht eine, schöne *kaustische Figur* [1]), von der ich es für unnöthig halte eine Zeichnung zu liefern, da sie sich experimentell mit der gröfsten Leichtigkeit darstellen läfst. Die Figur rührt her von der Brechung des Lichts in der konischen Erhebung des Wassers, welche der Wassersäule zur Basis dient. Diesselbe Erscheinung nimmt man beim Eintauchen irgend eines festen Stabes, z. B. eines Bleistiftes, in Wasser wahr. Sie theilt den Schatten des Stabes in zwei Theile und erscheint beim Heben des letzteren am hellsten, unmittelbar ehe er von der Oberfläche getrennt wird.

Bisweilen tritt ein kreisförmiger schwarzer Fleck an der Basis des Schattens auf, eine Erscheinung, welche auch beim Aufsetzen eines trockenen Stabes oder beim Hineinbewegen desselben in die Flüssigkeit, beobachtet wird. In diesem Falle erhält man statt der Capillarattraction, ein Zurückweichen der Flüssigkeit, und es bildet sich statt einer Erhöhung eine Vertiefung in ihrer Oberfläche. Beim Herausheben des Stabes wird die Figur augenblicklich sichtbar, Beim Wasserstrahl ist immer, so oft man den schwarzen Fleck auftreten sieht, der contrahirte Querschnitt

1) Ich benutze diese Gelegenheit auf die schönen Zeichnungen der Brennlinien in der »Darstellende Optik von Engel und Schellbach« (Berlin 1850) aufmerksam zu machen.

der Oberfläche des Wassers nahe, und die an dieser durch den Strahl hervorgebrachten Erschütterungen reichen hin die Erhebung verschwinden und die Vertiefungen eintreten zu lassen. Dieser Fall entspricht der Ansicht des Hrn. Magnus. Denn kommt jetzt noch eine Bewegung der Oberfläche hinzu, so bilden sich Blasen. Dafs die letztern von einer zur Seite gerichteten Bewegung herrühren, ist durch die eben erwähnte Art des Experiments anschaulich gemacht. Denn tritt keine Luft ein, so bleibt die Oberfläche ruhig; mit der Bildung einer Blase ist aber jedesmal eine Erschütterung verbunden, welche nach allen Seiten hin Wellen erzeugt. Die Blasen, welche auf der Oberfläche schwimmen, bringen kaustische Figuren, ähnlich der bereits erwähnten, hervor. Kommt das Wasser von hinreichender Höhe herab, so bieten diese zitternden leuchtenden Figuren einen hübschen Anblick dar.

Dem bloſsen Auge erscheint der Strahl, auch unterhalb des contrahirten Querschnitts, nicht unterbrochen, sondern nur in schneller Vibration begriffen. Es ist bekannt, dafs ein Lichteindruck ungefähr den achten Theil einer Sekunde andauert. Nehmen wir an, der Strahl bestehe aus Tropfen, so wird die Wassermasse continuirlich erscheinen, wenn die Zeit, während welcher ein Tropfen sich an die Stelle des andern begiebt, nicht mehr als $\frac{1}{8}$ Sekunde beträgt. Andererseits wird ein Punkt, welcher durch die Zwischenräume der Tropfen Lichtstrahlen in unser Auge sendet, nicht merklich verdunkelt erscheinen; denn der Eindruck, welchen er hervorgebracht hat; wird vor dem Erlöschen immer wieder erneuert.

Um dieſs durch das Experiment zu prüfen, schaltete ich zwischen die Pole einer kleinen galvanischen Batterie einen dünnen Platindraht ein, der durch den Strom zum Weifsglühen erhitzt wurde, und brachte diesen in einem finsteren Zimmer horizontal hinter dem vertical herabfliefsenden Strahl an. So lange der über dem contrahirten Querschnitt befindliche Theil des Strahls zwischen Auge und Draht sich befand, erschien der letztere durch einen dunklen Streifen

getheilt; sobald aber der unter dem contrahirten Querschnitt befindliche Theil des Strahls in jene Lage kam, glühte der Draht ohne Unterbrechung in seiner ganzen Länge: ein Beweis, dafs die Continuität des Strahls hier aufhörte. Wird der Strahl momentan beleuchtet, so mufs man den Vorgang, wie er wirklich ist, während der obengenannten Zeit wahrnehmen. Durch einen elektrischen Funken läfst sich diefs erreichen. Bei ihm sieht man in der That den Strahl in einzelne Tropfen getheilt.

§. 4.

Bei den mitgetheilten Versuchen wiederholte sich oft ein Umstand, welcher, wenngleich er ebenso gewöhnlich wie die Blasenbildung selbst ist, doch so viel mir bekannt, bisher unbeachtet geblieben ist; ich meine das Geräusch des bewegten Wassers. Wenn Tabacksrauch von den Lippen ausgestofsen wird, so ist der Austritt desselben jedesmal von einer kleinen Explosion begleidet, deren Natur von dem trockenen oder feuchten Zustande der Lippen wesentlich abhängt. Der Ton scheint vorzugsweise von dem plötzlichen Zerreifsen der kleinen Haut herzurühren, welche beide Lippen verbindet. Wird eine durch Luft angespannte Thierblase durch einen Schlag gesprengt, so erfolgt eine Explosion gleich einem Pistolenschufs. Der Schall begleitet immer eine plötzliche Ausdehnung zusammengedrückter Luft, und diefs zeigt sich auch bei unserem Falle mit dem Wasserstrahl. Wenn der zusammenhängende Theil des Strahls die Oberfläche der unteren Flüssigkeit durchschneidet, vernimmt man nicht das geringste Geräusch, sobald keine Blasen entstehen. In dem Augenblicke aber, in welchem diese auftreten, beginnt ein Geräusch, welches immer lauter wird, wenn die Zahl der Blasen sich vermehrt. Selbst die Natur des Tons spricht dafür, dafs er von dem Zerspringen der Blasen herrühre. Derselben Ursache ist das Rauschen eines Baches und das Getöse einer Brandung zuzuschreiben. In allen diesen Fällen scheint die Erschütterung des Wassers im Vergleiche mit dem besprochenen

Vorgange für die Erzeugung des Tons von untergeordneter Bedeutung zu seyn. Mit Wasserfällen verhält es sich ähnlich. Bestände der Niagara aus einer continuirlichen Wassermasse, die ohne seitliche Bewegung herabflösse, so würde er so geräuschlos seyn, wie wenn er eine ruhige Eismasse wäre. Wahrscheinlich hat auch er contrahirte Querschnitte, unterhalb deren er sich in getrennte Massen theilt, welche, indem sie sich auf die von vorhergegangenen Massen gebildeten Luftblasen stützen, diese plötzlich zersprengen und so den Donner des Wasserfalls hervorbringen.

XII. *Ueber die Zusammensetzung des Wismuthoxydes und das Aequivalent des Wismuths; von Dr. R. Schneider.*

Die Zusammensetzung des Wismuthsoxydes ist von verschiedenen Chemikern und zwar mit ziemlich abweichendem Erfolge untersucht worden. Morveau fand in 100 Theilen Wismuthoxyd 80 Theile Wismuth und 20 Theile Sauerstoff, Proust 88 Theile Wismuth und 12 Theile Sauerstoff, Klaproth und Bucholz fanden 89,28 Theile Wismuth und 10,72 Theile Sauerstoff; J. Davy und Thomson endlich 90 Theile Wismuth und 10 Theile Sauerstoff. — Im Jahre 1814 unterwarf M. P. Lagerhjelm [1]) auf Berzelius besondere Veranlassung diesen Gegenstand einer genauen Untersuchung, deren Resultat von Berzelius angenommen und bei Berechnung des Wismuthaequivalents zu Grunde gelegt wurde.

Lagerhjelm's Versuche, deren ich, bevor ich auf meine eigenen eingehe, hier kurz Erwähnung zu thun habe,

1) Schweigger's Journal, XVII, 416.

bezogen sich nicht nur auf die Zusammensetzung des Wismuthoxydes, sondern auch auf die des Schwefelwismuths und des schwefelsauren Wismuthoxydes. Das dazu angewandte Wismuth wurde auf folgende Weise bereitet: Käufliches (eisenhaltiges) Wismuthmetall wurde in reiner Salpetersäure aufgelöst, die Auflösung durch Zusatz von vielem Wasser ausgefällt, der Niederschlag ausgewaschen und getrocknet, 7 Theile der trockenen Masse wurden mit 1 Theil Kohlenpulver und 5 Theilen schwarzem Flufs vermischt und eine Viertelstunde lang im Schmelztiegel der Rothglühhitze ausgesetzt. Mit dem so erhaltenen Metalle wurden folgende Versuche angestellt.

1) 100 Theile desselben gaben, beim Abschlufs der Luft mit Schwefel zusammengeschmolzen, in 5 Versuchen 122,065 bis 122,520 Theile Schwefelwismuth. Lagerhjelm scheint es, wie Berzelius angiebt, nicht für sicher gehalten zu haben; dafs das Metall soviel Schwefel aufgenommen habe, als es aufnehmen kann.

2) 100 Theile Wismuth mit reiner Salpetersäure in einem gläsernen Gefäfse bis zur Oxydation gesiedet, zur Trockne abgedunstet und bis zum Rothglühen erhitzt, nahmen 11,275 Theile Sauerstoff auf, d. h. in 100 Theilen Wismuthoxyd sind 10,132 Theile Sauerstoff enthalten.

3) 100 Theile Wismuth nahmen bei der Behandlung mit Salpeter- und Schwefelsäure in einem gläsernen Gefäfse zu um 67,82 Theile. Diese mufsten bestehen aus:

Sauerstoff des Wismuthoxydes = 11,28 Th.
Schwefelsäure . . . . . = 56,54 » mit 33,924 Theilen Sauerstoff.

Das Drittel von diesem Sauerstoffgehalte beträgt 11,308 und weicht also nur um 0,02 bis 0,03 vom gefundenen Sauerstoffgehalte des Wismuthoxydes ab. — Lagerhjelm giebt zugleich an, dafs das schwefelsaure Salz beim Rothglühen zwar Schwefelsäure verloren habe, dafs aber der Unterschied zwischen der Temperatur, welche zur Abscheidung des Säureüberschusses nöthig war, und derjenigen, bei welcher das Salz zersetzt wurde, zu grofs gewesen sey,

sey, als dafs der Versuch nicht mit Genauigkeit hätte angestellt werden können. Lagerhjelm glaubte von diesen Versuchen dem unter 2) aufgeführten das gröfsere Vertrauen schenken zu müssen. Nach diesem besteht also das Wismuthoxyd in 100 Theilen aus:

89,868 [1]) Theilen Wismuth und
10,132 » Sauerstoff.

Nach Lagerhjelm scheint nur noch L. Gmelin [2]) die Zusammensetzung des Wismuthoxydes untersucht zu haben; er fand in 100 Theilen 89,67 Theile Wismuth und 10,33 Theile Sauerstoff und sprach auf Grund dieses Versuches die Ansicht aus, dafs die Zahl 213 (das bisher gebräuchliche Wismuthaequivalent für $H = 1$) auf 210 oder noch weniger herabzusetzen seyn dürfte.

Die nicht unbedeutenden Abweichungen in den Angaben der verschiedenen Chemiker über diesen Gegenstand schienen mir zu einer wiederholten genauen Untersuchung desselben aufzufordern, besonders aber zu einer Controle des bisher gültigen Wismuthaequivalentes, dem ohnehin, da sich dasselbe streng genommen nur auf einen einzigen Versuch stützte, nicht unbedingtes Vertrauen zu schenken war.

Ich habe bei meinen Versuchen über die Zusammensetzung des Wismuthoxydes im Wesentlichen die von Lagerhjelm befolgte Methode beibehalten, mit Anwendung jedoch einiger Vorsichtsmaafsregeln, die jener unterlassen zu haben scheint, die mir indefs für Erlangung eines richtigen Resultates von besonderer Wichtigkeit zu seyn schienen.

Käufliches Wismuthmetall wurde in reiner Salpetersäure aufgelöst, die Auflösung durch Zusatz von Wasser ausgefällt, das basische Salz auf einem Filtrum gesammelt, anhaltend ausgewaschen und getrocknet. Das trockene Salz wurde mit einer genügenden Menge verkohlten rohen

1) In Folge eines Druckfehlers findet sich an dieser Stelle in Schweigger's Journal anstatt 89,868 die Zahl 89,663 angegeben.

2) Dessen Handbuch, IV. Aufl. Bd. II, 847.

Weinsteins gemischt und das Gemisch im hessischen Tiegel so lange erhitzt, bis das Wismuth sich zu einem Regulus vereinigt hatte. Dieser wurde, um ihn von beigemengter Kohle zu befreien, zunächst einige Male unter Zusatz von etwas reinem Salpeter, dann noch mehrere Male für sich umgeschmolzen und der zuletzt erhaltene auf eine reine Porcellanplatte ausgegossen.

Eine gewisse Menge des so gewonnenen Metalles wurde genügend zerkleinert, im tarirten Glaskölbchen genau abgewogen und dann in reiner Salpetersäure aufgelöst. In Erwägung des wohlbekannten Umstandes, dafs bei allen derartigen Auflösungen mit den entweichenden Dämpfen des Stickstoffoxydgases feinverstäubte Theilchen der Metalllösung sehr leicht und oft sehr weit über die Gränzen des angewandten Gefäfses hinaus fortgeführt werden, und um aufserdem jedem Verluste vorzubeugen, der bei der heftigen Einwirkung der Säure auf das Metall durch Spritzen sehr leicht herbeigeführt werden konnte, bediente ich mich einer am unteren Ende etwas ausgezogenen Glasröhre (vom Kaliber der gewöhnlichen Verbrennungsröhren) von etwa 2 Fufs Länge, die mit ihrem verjüngten Ende in den Hals des Kölbchens so eingesetzt wurde, dafs zwischen beiden nur ein ziemlich enger Zwischenraum blieb. Dieser wurde durch ein paar Tropfen Salpetersäure, welche sich durch Capillarität auf der inneren Berührungsfläche vertheilten, vollkommen gesperrt. Die Salpetersäure wurde nun ganz allmälig durch die Aufsatzröhre in das Kölbchen eingetragen. Die entweichenden Dämpfe des Stickstoffoxydgases konnten bei dieser Vorrichtung natürlich nur durch das obere Ende jener Röhre ihren Ausweg nehmen. Nach vollendeter Auflösung, die zuletzt durch sehr gelindes Erwärmen unterstützt wurde, und nach völligem Erkalten des Kölbchens wurde die Röhre entfernt und die inneren Wandungen des Kölbchenhalses durch vorsichtiges Spritzen mit Wasser gereinigt. Die Aufsatzröhre wurde gleichfalls sorgfältig ausgespült und abgespritzt und die erhaltene Flüssigkeit zu weiterer Verwendung (s. unten) aufbewahrt.

Es wurde nun zur Abdampfung der erhaltenen Lösung geschritten. Auch hierbei schienen mir, um jedem Verluste vorzubeugen, besondere Vorsichtsmaafsregeln nothwendig zu seyn; denn auch hier glaubte ich mich zu der Vermuthung berechtigt, dafs mit den Dämpfen der entweichenden Salpetersäure kleine Theilchen der erhitzten Wismuthlösung aus dem Kölbchen mechanisch fortgerissen werden könnten. Aufserdem schienen besondere Vorkehrungen auch für den (wenigstens denkbaren) Fall gerathen, dafs die angewandte Salpetersäure, obgleich durch salpetersaures Silberoxyd keine deutliche Trübung darin hervorgebracht wurde, etwa durch Spuren von Chlorwasserstoffsäure (möglicherweise aus der Atmosphäre des Laboratoriums herrührend) verunreinigt gewesen seyn sollte. Es war zu präsumiren, dafs in diesem Falle gegen das Ende der Abdampfung eine Spur von Chlorwismuth aus dem Kölbchen verflüchtigt und auf diese Weise ein kleiner Verlust herbeigeführt werden würde. Ich verfuhr defshalb folgendermafsen:

Das Kölbchen *A* (Fig. 5. Taf. II), welches zur Auflösung des Wismuths gedient hat, verschlofs ich mit einem zweifach durchbohrten Korke *m*, dessen untere Hälfte ich zuvor sorgfältig mit Platinblech umkleidet hatte. Es läfst sich diese Umkleidung bei einiger Uebung leicht und vollständig ausführen, sobald man nur das Platinblech kurz vor der Anwendung heftig ausglüht, wodurch es alle Sprödigkeit verliert. Besondere Sorgfalt ist übrigens auf die Durchbohrung des Platinblechs an den unteren Oeffnungen des Korkes zu verwenden, indem hierbei sehr leicht ein Einreifsen des Bleches und folglich eine Blofslegung der Korksubstanz stattfinden kann. Den Kork vor der zerstörenden Einwirkung der salpetersauren Dämpfe zu schützen, denen er während der ganzen Abdampfung ausgesetzt werden mufste, hielt ich jene Umkleidung für das passendste Mittel. Dieselbe hat sich denn auch bei den nachfolgenden Versuchen vortrefflich bewährt: war sie mit der nöthigen Sorgfalt ausgeführt, so wurde der Kork durch

einen Versuch kaum merklich verändert und liefs sich manchmal noch bei einem zweiten Versuche recht gut und ohne Nachtheil anwenden. — In die Durchbohrungen des so vorgerichteten Korkes *m* wurden nun die Glasröhren *ab* und *cd* eingebracht, *ab* bestimmt den Luftstrom einzuführen, reichte mit dem Schenkel *b* bis über die Hälfte in das Kölbchen *A*; *cd* endete mit dem Schenkel *c* gleich unter dem Korke *m*, während der Schenkel *d* vermittelst des gleichfalls mit Platinblech umkleideten Korkes *n* in die tubulirte Retorte *B* eingeführt wurde. Die Röhre *ef* verband den aufwärts gerichteten Hals der Retorte mit dem Kaliapparate *K*, in welchem etwas salpetersaures Wasser vorgeschlagen war; durch die mit einer Kugel versehene Röhre *gd* endlich stand der Apparat mit dem Aspirator *F* in Verbindung, der bei *i* seinen Ausfluſs hatte. Um die Retorte *B* stets abgekühlt zu erhalten, wurde aus dem Gefäſse *E* anhaltend ein Strom kalten Wassers darauf geleitet, welches durch den Trichter *C* nach *D* abfloſs und von da durch den Heber *op* entfernt wurde.

Nachdem der Apparat in dieser Weise vorgerichtet war, wurde der Hahn bei *i* geöffnet und das Kölbchen *A* vorsichtig erwärmt. Die Erwärmung wurde niemals bis zum Kochen der Wismuthlösung gesteigert, muſste vielmehr gegen das Ende der Abdampfung, als sich Salz aus der Lösung abzuscheiden anfing, bedeutend gemäſsigt werden, um jedem Stoſsen und Spritzen der Masse vorzubeugen. Der gröſste Theil der aus *A* fortgeführten Dämpfe wurden in *B* condensirt, der Rest aber im Kaliapparate fast gänzlich absorbirt. Sobald die Lösung zur völligen Trockene verdampt war, und sich von der anfangenden Zersetzung des salpetersauren Wismuthoxydes rothe Dämpfe im Kölbchen *A* zu zeigen anfingen, wurden schnell die Korke *m* und *n* mit den darin befindlichen Röhren entfernt, der mit *n* bezeichnete aber durch einen anderen ersetzt, in dessen Durchbohrung eine Röhre eingepaſst war, die an Gestalt der Röhre *cd* genau glich, nur daſs der dem Ende *c* entsprechende Schenkel länger war, und daſs derselbe ohne wei-

teren Verschlufs bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Länge in das Kölbchen *A* eingesenkt wurde. Der Aspirator wurde nun sofort wieder in Thätigkeit gesetzt, die Erwärung des Kölbchens *A* bis zum anfangenden Glühen des Bodens gesteigert und so lange dabei gehalten bis der Inhalt des Kölbchens eine gleichmäfsige braune Farbe angenommen hatte. Ehe sich diese durch die ganze Masse, und besonders bis zu den zu oberst gelegenen Theichen verbreitet, vergeht oft eine längere Zeit, dieselbe durch bedeutende Steigerung der Temperatur abzukürzen, ist indefs nicht räthlich, da sonst leicht die untere Schicht des Wismuthoxydes mit dem Glase zusammenschmilzt, wodurch meistens ein Springen des Kölbchens beim Erkalten und somit die Unmöglichkeit herbeigeführt wird, zur Prüfung auf fernere Gewichtsabnahme ein zweites Erhitzen vorzunehmen. Nach sehr langsamen und vorsichtigem Erkalten wurde das Kölbchen mit dem bei der Tarirung angewendeten Korke verschlossen und gewogen. Das Erhitzen wurde dann noch einmal wiederholt, um den Inhalt auf fernere Gewichtsabnahme zu prüfen. Nur in sehr wenigen Fällen (und in denen, wo das Wismuthoxyd während des Erhitzens ganz gleichmäfsig gebräunt gewesen war, niemals) konnte eine solche wirklich beobachtet werden. Ein dreimaliges Erhitzen und Wägen wurde nur in einem Falle für nöthig befunden.

Nachdem so die Gewichtszunahme des Kölbchens genau ermittelt war, wurde die Retorte *B* ihres Inhaltes entleert und mit destillirtem Wasser aufs Sorgfältigste nachgespült. Auch die Röhren *ab* und *cd*, so wie die unteren Flächen der angewendeten Korke wurden durch wiederholtes Ausspülen und Abspritzen mit angesäuertem Wasser von ihnen etwa anhängenden Theilchen des Wismuthsalzes befreit. Mit der so gewonnenen Flüssigkeit wurde nun auch noch die vereinigt, welche schon früher bei der Reinigung der Aufsatzröhre (s. oben) erhalten war. Sämmtliche Waschflüssigkeiten wurden darauf, nachdem durch Abdampfen der gröfste Theil der freien Säure daraus vertrieben war, durch Zusatz von Aetzammoniak abgestumpft, filtrirt und endlich

ein Strom von mehrfach gewaschenem Schwefelwasserstoffgase hindurchgeleitet. Auf ganz dieselbe Weise behandelte ich die im Kaliapparate enthaltene Flüssigkeit, aber absichtlich für sich allein, um zu prüfen, ob selbst bis zu dieser Stelle Wismuth in irgend welcher Form fortgeführt worden sey. Es stellte sich hierbei merkwürdigerweise heraus, dafs die Flüssigkeit des Kaliapparates in einigen Fällen wirklich Spuren von Wismuth enthielt, die sich durch die Reaction mit Schwefelwasserstoff deutlich nachweisen liefsen, wenngleich sie zu unbedeutend waren, als dafs sie für sich der Wägung hätten unterworfen werden können. Dieselben wurden, wenn sie sich fanden, dem aus der gröfseren Flüssigkeit bereits abgeschiedenen Schwefelwismuth hinzugefügt. Dieses wurde nun auf einem möglichst kleinen Filtrum aus schwedischem Papier gesammelt und durch Glühen im Porcellantiegel in Wismuthoxyd verwandelt. Der Aschengehalt des gebrauchten Filtrums hätte wegen dessen Kleinheit wohl ohne Fehler $= 0$ gerechnet werden können. Dennoch wurde bei den einzelnen Wägungen die Asche eines gleich grofsen Filtrums als Gegengewicht in Anwendung gebracht. Das Gewicht der kleinen nachträglich gewonnenen Menge Wismuthoxyds war verhältnifsmäfsig nur sehr unbedeutend: es schwankte in den verschiedenen Versuchen zwischen 0,005 und 0,002 Grm. Durch Hinzufügung desselben zu dem bereits ermittelten des Kölbcheninhaltes wurde nun das wahre Ergebnifs der einzelnen Versuche erhalten.

Dafs bei den Wägungen für das zum Versuch gebrauchte Kölbchen als Gegengewicht ein Kölbchen von ungefähr denselben Dimensionen angebracht wurde, — dafs ferner die zur Wägung gekommenen Korke sich zwischen den einzelnen Wägungen unter denselben Temperatur- und hygroskopischen Verhältnissen befanden, bedarf kaum der Erwähnung: es sind diefs Dinge, die sich bei derartigen Untersuchungen von selbst verstehen.

Ich stelle nun im Folgenden die Ergebnisse der einzelnen Versuche zusammen.

Versuch I.

7,7975 Grm. Wismuth gaben 8,6975 Grm. Wismuthoxyd, d. h. in 100 Theilen Wismuth sind 89,652 Proc. Wismuth und 10,348 Proc. Sauerstoff enthalten.

Versuch II.

Von 10,1785 Grm. Wismuth wurden 11,3495 Grm. Wismuthoxyd erhalten; demnach besteht das Wismuthoxyd aus 89,682 Proc. Wismuth und 10,318 Proc. Sauerstoff.

Versuch III.

12,404 Grm. Wismuth gaben 13,837 Grm. Wismuthoxyd, = 89,644 Proc. Wismuth und 10,356 Proc. Sauerstoff im Wismuthoxyde.

Versuch IV.

5,642 Grm. Wismuth gaben 6,2945 Grm. Wismuthoxyd, = 89,634 Proc. Wismuth und 10,366 Proc. Sauerstoff im Wismuthoxyde.

Wenngleich nicht eben wahrscheinlich, so war es doch wenigstens denkbar, dafs das zu den bisherigen Versuchen angewandte Wismuthmetall nicht vollkommen rein gewesen sey und zwar mufsten nach der Bereitungsmethode desselben die Vermuthungen vornehmlich auf einen Gehalt an Kalium und Kohle (aus dem Weinstein herrührend) gerichtet seyn. Es war also nöthig, mit einem von diesen Substanzen jedenfalls befreiten Metalle eine Reihe von Controlversuchen anzustellen. Zu diesem Zwecke wurde das bei den früheren Versuchen erhaltene Wismuthoxyd in einem Strome von reinem Wasserstoffgase reducirt. (Das Gas war, bevor es in die Reductionsröhre eintrat, durch zwei Flaschen mit Sublimatlösung, dann durch eine Kaliflasche und endlich durch eine mit Schwefelsäure getränkten Bimsteinstückchen enthaltende Röhre geleitet worden). Die Reduction des Wismuthoxydes im Wasserstoffstrome geht ziemlich schwierig und erst bei einer Temperatur vor sich, bei welcher bereis geringe Mengen des Oxydes verflüchtigt werden, indem sie die oberen Wandungen der Reductionsröhre beschlagen. Die Zusammensetzung des Wismuthoxydes kann aus diesem Grunde nicht wohl auf die Weise bestimmt

werden, dafs man dasselbe unter Erhitzen der reducirenden Einwirkung des Wasserstoffgases aussetzt. Während der Reduction verwandelt sich das gelbe Wismuthoxyd zuerst in ein graues Pulver (wohl nicht als eine niedrigere Oxydationsstufe, sondern nur als ein Gemisch von Wismuthoxyd und feinvertheiltem Wismuth anzusehen), aus welchem sich dann bei fortgesetztem Erhitzen die Metallkugeln allmälig abscheiden. Durch eine möglichst schräge Stellung der Reductionsröhre konnte leicht bewirkt werden, dafs die ausgeschiedenen Metallkugeln rein abflossen, indem sie sich beim Hinabrollen der anhängenden Theilchen unvollständig reducirter Substanz entledigten. Dennoch hielt ich es für nöthig, das so gewonnene Metall noch einmal für sich im Wasserstoffstrome zu erhitzen, um es ganz sicher von vollkommener Reinheit zu erhalten.

Mit diesem Metalle habe ich nun folgende Versuche angestellt.

Versuch V.

4,3295 Grm. Wismuth gaben 4,829 Grm. Wismuthoxyd, also enthält das Wismuthoxyd 89,656 Proc. Wismuth und 10,344 Proc. Sauerstoff.

Versuch VI.

6,2515 Grm. Wismuth gaben 6,972 Grm. Wismuthoxyd; also besteht das Wismuthoxyd aus 89,666 Proc. Wismuth und 10,334 Proc. Sauerstoff.

Versuch VII.

3,176 Grm. Wismuth gaben 3,5425 Grm. Wismuthoxyd, d. h. im Wismuthoxyde sind enthalten 89,655 Proc. Wismuth und 10,345 Proc. Sauerstoff.

Versuch VIII.

5,190 Grm. Wismuth gaben 5,789 Grm. Wismuthoxyd; demnach besteht das letztere aus 89,653 Proc. Wismuth und 10,317 Proc. Ssuerstoff.

Diese letzten vier Versuche, mit aller nöthigen Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt, stimmten in ihren Resultaten so gut überein, dafs ich es für überflüssig hielt noch fernere anzustellen. Dieselben beweisen übrigens, dafs das

zu den früheren Versuchen angewandte Metall keine wesentlichen Verunreinigungen enthalten haben kann: — als Mittel aus den Resultaten der Versuche I., II., III., und IV. ergiebt sich für den Gehalt des Wismuthoxydes an Wismuth die Zahl 89,653; die vier letzten Versuche geben anstatt dessen 89,657. Ich habe also, obgleich die Ergebnisse der ersteren Versuche unter sich nicht so gut übereinstimmen, als die der vier letzteren, keinen Grund, jenen bei der Berechnung der Mittelzahl das Stimmrecht zu versagen. Das Mittel aus allen Versuchen ergiebt sich nun nach folgender Uebersicht:

100 Theile Wismuthoxyd enthalten:

	Wismuth.	Sauerstoff.
I. Versuch	89,652 Proc.	10,348 Proc.
II. »	89,682 »	10,318 »
III. »	89,644 »	10,356 »
IV. »	89,634 »	10,366 »
V. »	89,656 »	10,344 »
VI. »	89,666 »	10,334 »
VII. »	89,655 »	10,345 »
VIII. »	89,653 »	10,347 »
Mittel	= 89,655 Proc.	10,345 Proc.

Das Wismuthoxyd besteht also nach meinen Versuchen in 100 Theilen aus:

89,655 Theilen Wismuth und
10,345 » Sauerstoff
100,000.

Es weicht diese Zusammensetzung von der durch Lagerhjelm ermittelten um 0,213 Proc. ab, und zwar habe ich den Gehalt des Wismuthoxyds an Wismuth um so viel niedriger gefunden. Ich knüpfe an diesen Umstand die bereits im Eingange ausgesprochene Vermuthung, dafs Lagerhjelm bei seinem Versuche wahrscheinlich einen geringen Verlust an Wismuthoxyd erlitten hat, wodurch natürlich der Gehalt an Wismuth scheinbar hinaufgerückt werden mufste. Aufserdem ist es mir mehr als wahrscheinlich, dafs das von

Lagerbjelm gebrauchte Wismuth nicht ganz frei von Kohle gewesen sey, da für deren völlige Entfernung beim einmaligen Schmelzen des Metalles mit schwarzem Flufs nicht genügende Sicherheit geboten seyn möchte. Auch hierdurch mufste natürlich der Gehalt des Wismuthoxydes an Metall sich etwas zu hoch ergeben.

Es wird demnach auch der bisherige Ausdruck für das Aequivalent des Wismuths eine entsprechende Abänderung erleiden müssen.

Das Aequivalent dieses Metalles wurde lange Zeit von Berzelius zu 2660,744 (das Atomgewicht also zu 1330,377) angenommen; dabei wurde das Wismuthoxyd nach der Formel BiO_3, also analog der antimonigen Säure, zusammengesetzt betrachtet. Als indefs im Jahre 1832 A. Stromeyer [1]) eine höhere Oxydationsstufe des Wismuths (von ihm Wismuthhyperoxyd genannt) entdeckte, welche nach ihm $1\frac{1}{2}$ Mal so viel Sauerstoff enthielt als das gewöhnliche Oxyd, was zu dem alten Wismuthaequivalente nicht in einfacher Beziehung stand, so ersetzte Berzelius die Zahl 1330,377 durch 886,918. Demnach ergab sich für die Zusammensetzung der Wismuthoxyde die Reihe BiO (Wismuthoxyd) und $BiO^{\frac{3}{2}}$ (Wismuthoxyd). Durch spätere Untersuchungen von Jaquelin [2]) und Arppe (1842) wurde indefs nachgewiesen, dafs in dem Hyperoxyd von Stromeyer Kali und Chlor enthalten war, und dafs die von ihm angegebene Zusammensetzung nicht die richtige seyn konnte. Aufserdem ergab sich aus Jaquelin's und Arppe's [3]) späteren Untersuchungen (die sich zugleich auf die Verbindungen des Chlorwismuths mit den Chloralkalimetallen erstreckten) mit vieler Wahrscheinlichkeit, dafs das Chlorwismuth mit dem Chlorantimon ($SbCl_3$) isomorph sey und demnach die Formel $BiCl_3$ erhalten müsse. Auch wurden von Heintz [4]), der die basischen Salze des Wismuths

1) Pogg. Ann Bd. 26., S. 548.
2) *Ann. de chim. et de phys.* 66, 113.
3) Pogg. Ann. Bd. 64, S. 237.
4) Pogg. Ann. Bd. 63, S. 55.

mit besonderer Sorgfalt studirte, starke Beweise für die Formel BiO_3 des Wismuthoxydes beigebracht.

Schon früher war von Phillips [1]) dargethan worden, dafs zwischen dem Schwefelwismuth und dem Schwefelantimon (SbS_3) Isomorphismus bestehe. — Werther [2]) hatte die Existenz einer niedrigeren Schwefelungsstufe des Wismuths nachgewiesen, deren Zusammensetzung, wenn die des Wismuthglanzes durch BiS ausgedrückt wurde, mit dieser in keinem einfachen stöchiometrischen Verhältnisse stand, während sie, wurde der Wismuthglanz $=BiS_3$ gesetzt, sich sehr einfach durch die Formel BiS_2 ausdrücken liefs.

Dazu kam, dafs Regnault [3]) die specifische Wärme des Wismuths als Mittel aus fünf Versuchen zu 0,03084 bestimmte, — ein Werth, mit dem nach dem Gesetze von Dulong und Petit das Atomgewicht des Wismuths = 886,92 (Produkt aus diesem und der spec. Wärme = 27,34) durchaus nicht, das Atomgewicht 1330 hingegen (Produkt = 41,03) möglichst gut im Einklange stand.

Diese verschiedenen Gründe waren beweisend genug, um Berzelius zur Wiederaufnahme des früheren Wismuthaequivalentes 2660,754 (Atomgewicht = 1330,377) und der früheren Formel für das Wismuthoxyd (BiO_3) zu bewegen.

Aus meinen Untersuchungen über die Zusammensetzung des Wismuthoxydes ergiebt sich nun aber, dafs das Aequivalent des Wismuths bisher zu hoch angenommen wurde, und dafs es um etwa 60 Ganze herabgesetzt werden mufs, denn:

$$100:89{,}655=x+300:x;$$

also x, das Aequivalent, $=2599{,}95$.

Für die Wasserstoffeinheit giebt diefs nahezu die Zahl 208, genau: 207,995. Es bestätigt sich somit die oben (Seite 305) erwähnte Ansicht Gmelin's. Wie für die

1) Pogg. Ann. Bd. 11, S. 476.
2) Journal f. practische Chemie XXVII. 65.
3) *Journ. de chim. et de phys.* 73, 41.

Wasserstoffeinheit ohne irgend erheblichen Fehler die Zahl 208; so kann mit demselben Rechte für die Sauerstoffeinheit (100) die Zahl 2600 angenommen werden. Der dadurch etwa begangene Fehler mufs um so verschwindender erscheinen, je höher die Zahlen liegen, um die es sich hier handelt. Es erhellt diefs am deutlichsten aus der Betrachtung, dafs wenn man einmal das Wismuthaequivalent zu 2600 annimmt, der berechnete Gehalt des Wismuthoxydes an Wismuth sich zu 89,6552 Proc. ergiebt, — eine Zahl, die also erst in der vierten Decimalstelle von dem directen Ergebnifs meiner Versuche abweicht.

Schliefslich bemerke ich, dafs vorliegende Arbeit noch in Halle begonnen, zum gröfsten Theile jedoch im Privatlaboratorium des Hrn. Professor Magnus zu Berlin ausgeführt worden ist.

XIII. *Das St. Elmsfeuer;* *von Dr. Ferdinand Piper.*

Unter den Naturerscheinungen, welche eine merkwürdige *Geschichte* haben in der Auffassung der Naturkundigen, wie in dem Glauben der Völker, nimmt das St. Elmsfeuer eine bedeutende Stelle ein: wodurch es, auch abgesehn von dem Gegenstand, ein eigenthümliches Interesse darbietet. Denn überhaupt ja ist es eine der anziehendsten Seiten der Naturforschung zu sehen, wie die Natur im Geist des Menschen sich spiegelt und wie er auf verschiedenen Stufen der Naturbetrachtung Verschiedenes von dem Seinigen hinzuthut, um ihre Kräfte und Wirkungen sich faſslich zu machen.

Während aber an Beobachtungen dieses Phänomens aus neuerer Zeit es nicht fehlt, seine Merkmale sorgfältig gesammelt sind, auch die Erklärung seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts feststeht; ist seine Geschichte zum groſsen Theil sehr versäumt. Zwar sind die Wahrnehmungen und Ansichten des *klassischen Alterthums* bekannt, da man auch neuerdings mehrfach sich damit beschäftigt hat: namentlich sind von Ukert[1]) und Forbiger[2]) bei der physischen Geographie der Alten, so wie insbesondere bei ihrer Meteorologie von Ideler[3]) die Stellen über das St. Elmsfeuer gesammelt; und mit einer gewissen Vorliebe, im Interesse seiner physischen Mythenerklärung, ist Schweigger[4]) den Spuren desselben nachgegangen. Hingegen ist die Geschichte des St. Elmsfeuers in dem ganzen *christli-*

1) Ukert Geogr. der Griechen und Römer Th. II. Abth. 1. S. 141 f.

2) Forbiger Handb. der alten Geogr. Th. I. S. 626.

3) Ideler *De meteor. vet. Graec. et Roman. p.* 164 *sq.* und zu *Aristotel. Meteorol.* (obwohl bei Aristoteles selbst das St. Elmsfeuer nicht vorkommt) *Vol. II. p.* 244 *sq.*

4) Schweigger Einleitung in die Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft. Halle, 1836. S. 286 ff. und Art. Dioskuren in d. Allgem. Encyclop. von Ersch und Gruber Sect. 1. Th. 25. S. 409 ff.

chen Zeitalter bis an die Gränze der neuern Zeit im Dunkel geblieben. Da diese aber das doppelte Interesse hat, einestheils aus dem christlichen Alterthum ein *Bildwerk* darzubieten, welches in antikem Sinn das St. Elmsfeuer vorstellt, das einzige Mal in älterer Zeit, dafs es überhaupt abgebildet worden ist; — anderntheils über den *Namen* des St. Elmsfeuers Aufklärung zu geben, über den gerade in der neuern Physik irrthümliche Ansichten fast zur Herrschaft gelangt sind; so läfst sich hoffen, dafs an dieser Stelle der Versuch willkommen seyn werde, die bisherige Kunde des St. Elmsfeuers durch die Geschichte der Vorstellungen von demselben in dem gedachten Zeitraum zu ergänzen [1]).

1. Bekanntlich wurde bei den Alten das St. Elmsfeuer nach den Dioskuren, Castor und Pollux benannt, welche als Retter in Seegefahr verehrt und von den gefährdeten Schiffern als hülfreich nahe erkannt wurden, wenn jenes Feuer auf den Masten oder Segeln sich zeigte. Doch knüpft sich diese günstige Deutung nur an die doppelte Lichterscheinung: erschien das St. Elmsfeuer als einfaches Licht, so ward es für Verderben bringend angesehn und galt für die Erscheinung der Helena, der Schwester der Dioskuren, die den Trojanern so verderblich geworden.

Hiernach haben neuere Physiker den Ausdruck St. Elmsfeuer aus dem Namen Helena abgeleitet, als ob es so viel als *Helenenfeuer* (aber doch nicht *Sanct* Helenenfeuer?) wäre, wie Gehler erklärt [2]), wobei auch Muncke [3]) stehen geblieben ist. Andere, wie Schweigger [4]), indem sie aus Elmo Hermo machen, denken an den Kabiren Hermes und geben die Anrufung des heil. Elmus bei den Schiffern unter christlichen Völkern für Kabiren-Anbetung

1) Ich komme auf diesen Gegenstand in einem gröfseren Zusammenhang zurück, in dem nächst erscheinenden zweiten Theil meiner Mythologie und Symbolik der christlichen Kunst §. 53.

2) Gehler Phys. WÖrterbuch a. A. Th. IV. S. 742.

3) Muncke in der neuen Bearbeit. des Physik. WÖrterb. Bd. X. Abth. 2. S. 1625.

4) Schweigger Jahrb. Bd. X. S. 108 Bd. XVI. S. 259.

aus: auf Grund dieser Hypothese hat der Urheber derselben sofort auch den Ausdruck *Hermesfeuer* statt Elmsfeuer in die neuere Physik einzuführen unternommen, worin ihm Kämtz[1]) gefolgt ist. Beides ist irrthümlich. Es liegt vielmehr ein christlicher Heiligenname zum Grunde, der sogleich nachgewiesen werden soll: zuvor aber wollen wir das Vorkommen des St. Elmsfeuers im christlichen Alterthum, und zwar in der Kunst desselben in Betracht ziehen.

2. Zuerst ist hier das Panier der Zwillinge (Dioskuren) zu erwähnen an dem Schiff aus Alexandrien, auf welchem der Apostel Paulus von Malta nach Puteoli fuhr (Apostelgesch. 28,11): wie überhaupt die Dioskuren als Schiffszeichen angewandt wurden, — das, wenn es auch nicht unmittelbar auf das St. Elmsfeuer sich bezieht, doch der Erscheinung desselben verwandt ist.

Das St. Elmsfeuer selbst aber ist auf einem altchristlichen Sarkophag von Marmor vorgestellt, der bei Ausgrabung der Fundamente der Peterskirche gefunden worden und dessen vordere Platte gegenwärtig im christlichen Museum des Vatican aufbewahrt wird[2]), von welcher Bosio[3]), Aringhi[4]), Bottari[5]) und d'Agincourt[6]) Abbildungen geben. Und zwar erscheint es in einer Scene aus der Geschichte des Propheten Jonas. Als Jonas nämlich, nach dem alttestamentlichen Bericht, dem Worte Jehova's ungehorsam zu Schiffe gegangen war und dieses nun von einem heftigen Sturm dem Untergang nahe gebracht wurde, nahmen die Schiffsleute, nachdem sie durch das Loos ermittelt, dafs um des Jonas willen das Unglück sie treffe, denselben und warfen ihn in's Meer: da wurde er von einem Wallfisch verschlungen, nach drei Tagen aber wieder an's Land gespieen. Diese Geschichte war im christlichen

1) Kämtz Lehrb. der Meteorol. Bd. II. S. 485.
2) Platner Beschreib. Rom's II, 2. S. 366.
3) Bosio *Roma sotterran. p.* 103.
4) Aringhi *Roma subterran. Tom. I. p.* 335.
5) Bottari *Scult. e pitt. sagre T. I. Tav. XLII.*
6) d'Agincourt *Scult. Tav. V. Fig.* 6.

Alterthum besonders beliebt als Sinnbild wie der Auferstehung Christi (nach Matth. 12,40) so auch der allgemeinen Auferstehung, indem man darin angedeutet fand, dafs wenn auch der Todesrachen den Menschen verschlungen, doch das Grab seine Todten herausgeben werde, wenn die Stunde der Auferstehung gekommen (Offenb. 20,13). Demnach finden sich diese beiden Scenen, wie Jonas von dem Wallfisch verschlungen und wieder ausgespieen wird, häufig in Relief auf den Särgen der alten Christen: und so auch auf dem unsrigen. Die erstere Scene aber ist es, der das St. Elmsfeuer angehört, wie auf Taf. I. Fig. 9 zu ersehen ist [1]). Man sieht auf dem sturmbewegten Meere das Schiff mit drei Schiffsleuten, von denen der mittlere den Jonas über Bord wirft dem Meerungeheuer in den offenen Rachen hinein. Oben zur Rechten hinter dem Felsen ragt eine nackte geflügelte Figur halb hervor, das ist der personificirte *Sturm*, der ebenso mehrmals in derselben Scene auf altchristlichen Sarkophagen vorgestellt ist. Mitten über dem Segel des Schiffs aber zeigt sich eine weibliche Figur als Brustbild, mit einer Krone auf dem Haupt, von einem Lichtschein umgeben: das ist das personificirte *St. Elmsfeuer*, welches hier einfach (nicht doppelt) erscheinend den Schiffern Verderben droht. Zwar hat man diese Figur früher theils für den Sol, — und auf die Einwendung, dafs sie nach Gesicht und Brust weiblich sey, für die Luna erklärt [2]), der aber jedes Kennzeichen fehlt, und die bei diesem Ereignifs auch gar nichts zu schaffen hat.

1) Auf diesem Theil des Reliefs erblickt man noch zwei andere Scenen: nämlich oben zur Rechten Moses, der mit dem Stab Wasser aus dem Felsen schlägt, welches die Israeliten begierig auffangen (nach 2 Mos. 17,6. 1 Cor. 10,4); und auf der anderen Seite drei Figuren, welche zu einem Bilde der Auferweckung des Lazarus gehören, die Martha, dessen Schwester, und zwei Apostel.

2) So noch Münter, Sinnbilder u. Kunstvorst. der alten Christen Heft II. S. 130., der auch von dieser und der folgenden Scene (wie Jonas vom Wallfisch wieder ausgespieen wird) eine Abbildung giebt Taf. IX. Fig. 45.

hat. Das Richtige hat schon Bottari gesehen, indem er in ihr den Unglücksstern *Helena* erkannte [1]), womit auch Borgia [2]) und Platner [3]) einverstanden sind. — Dafs das St. Elmsfeuer überhaupt hier angebracht ist, (obwohl die alttestamentliche Erzählung direct keine Veranlassung dazu giebt), dient zur detaillirten Schilderung des Ereignisses und ist ein bemerkenswerther Zug aufmerksamer Naturbetrachtung. Dafs es aber persönlich, in weiblicher Gestalt gebildet worden, erklärt sich, eben so wie der Windgott daneben, durch Herübernahme der antiken Vorstellung, von der die altchristliche Kunst noch viele andere Beispiele darbietet. Vermuthlich ist diese Personification eben nur ein künstlerisches Motiv. Doch ist es nicht unmöglich, dafs dabei an eine dämonische Gewalt gedacht ist, da auf das christliche Alterthum die Meinung übergegangen war, dafs die Luft mit bösen Geistern erfüllt sey, — wie diefs zwei Kirchenlehrer aus dem Anfang des dritten und dem Anfang des vierten Jahrhunderts, Tertullian und Arnobius aussprechen [4]).

3. Hiernächst aber hat das St. Elmsfeuer in der mittelalterlichen *Naturkunde* weniger Beachtung gefunden, wie aus den Werken hervorgeht, welche die Summe naturwissenschaftlicher Kenntnisse in ihrem Zeitalter repräsentiren und auf die Folgezeit übertragen. So ist von Isidorus, Bischof von Sevilla († 635), in seinem grofsen encyclopädischen Werk, wie in seinem Buch von der Natur das St. Elmsfeuer mit Stillschweigen übergangen, obwohl er nach Tranquillus von dem (elektrischen) Leuchten des Wassers redet [5]). Ebenso von Beda († 735) und Honorius von Autun (um 1120). Hingegen giebt Vincentius von Beauvais um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts in sei-

1) Bottari a. a. O. p. 187.

2) Borgia *De cruce Velit. p. CXLVI.*

3) Platner an dem vorhin angef. O.

4) Tertullian. *Apolog. c.* 22. Arnob. *Adv. gent. Lib. I. c.* 23.

5) Isidor. *De natura rerum c.* 38: *mutatio tempestatis expectanda est in asperius, quum in nocturna navigatione scintillat ad remos et gubernacula aqua.*

nem Spiegel der Natur von dem St. Elmsfeuer aus Seneca (*Nat. Quaest. Lib. I. c.* 1.), doch ohne sonderliche Beachtung, die Notiz: *in magna tempestate solent apparere quasi stellae velo insidentes* [1]).

4. Bedeutsamer tritt in der *Legende*, nachweislich seit dem zwölften Jahrhundert, das St. Elmsfeuer hervor. Während man nämlich fortwährend die Luft als Wohnsitz böser Geister ansah, stellte man der blinden Naturgewalt und den in ihr waltenden Dämonen Schutzheilige entgegen, die Wind und Wetter zu stillen im Stande wären. Vor allem war es Maria, die Mutter Jesu, deren Schutz man insbesondere auch auf dem Meere sich vertraute und an dem St. Elmsfeuer wahrzunehmen glaubte. Es knüpft dieſs selbst an den Namen der Maria an, da man nämlich schon seit dem christlichen Alterthum durch Ableitung aus dem Hebräischen ihn durch »Stern des Meeres« erklärte [2]). Unter dieser Benennung ist sie später allgemein gefeiert, wie schon in dem berühmten Hymnus etwa aus dem neunten Jahrhundert, welcher beginnt: *Ave maris stella, Mater dei alma*, so mehrfach in deutschen Predigten und Liedern aus dem zwölften und dreizehnten Jahrhundert. Neben der herrschenden allegorischen Deutung dieses Prädikats, (indem unter dem Meer das »wilde Lebensmeer der grundlosen Welt« verstanden wurde, über welchem ihr Stern leuchtet und leitet), ergab sich nun auch eine natürliche Geltung desselben durch Beziehung auf das St. Elmsfeuer, — wovon eben die Legende zeugt.

Im zwölften Jahrhundert nämlich schrieb der Priester Potho, Mönch des Klosters Priflingen bei Regensburg, sein Buch *De miraculis s. Mariae*, worin folgende Geschichte vorkommt [3]) von einem Abt, von dem sie der Verfasser selbst erkundet haben will. Dieser Abt befand sich mit vielen andern zu Schiffe mitten auf dem britannischen

1) Vincent. Bellov. *Spec. nat. Lib. IV. c.* 73. *p.* 278. *a.*
2) Hieronym. *De nomin. Hebraeor. interpret. Opp. ed. Vallarsi T. III. p.* 92.
3) Potho *Lib. de mirac. Mariae c.* 28. *ed. Bernhard Pez.*

Meere, als ein solches Unwetter einbrach, dafs alle am Leben verzagten. Man rief die Heiligen an, ein jeder den, mit dem er vertraut war, Niemand aber die Maria. Wie das der Abt sah, ermahnte er sie, vielmehr zur Mutter der Barmherzigkeit, die mächtiger als alle sie, zu flehen. Als das geschehen, erschien sofort auf der Spitze des Mastes ein grofses Licht gleich einer Wachskerze, welches die nächtliche Finsternifs verscheuchte und alle im Schiff mit Glanz übergofs. Das Unwetter legte sich, es trat Meeresstille ein. Bald brach ein heiterer Tag an und das Schiff landete glücklich. »O Stern des Meeres, heller als alle, mächtiger als alle zu helfen«, ruft der Verfasser aus. Der Zweck dieser Erzählung, die Marienverehrung zu empfehlen, liegt vor Augen. Es scheint aber, dafs jene Lichterscheinung damals ziemlich unbekannt gewesen und die neue Kunde davon in dieser Legende ausgeprägt ist. — Ganz dieselbe Erzählung, nur etwas weiter ausgeführt, bringt in deutscher Bearbeitung das *alte Passional*, welches in der zweiten Hälfte des dreizehnten Jahrhunderts wahrscheinlich in der Nähe von Mainz verfafst ist und im ersten seiner drei Bücher aufser dem Leben Jesu und der Maria, die Wunder der letzteren enthält [1]). Da wird das St. Elmslicht, welches auf Anrufen der Maria erscheint, so beschrieben (v. 96 ff.):

ûf dem maste dar enboben
ein vackelnlicht sô schône quam,
daz die trube gar benam,
die sich ê ob dem schiffe truc.
vil witen sich al umme sluc
daz licht von dem maste.
bi sînem schônen glaste
gesâhen sie nu alle wol [2]).

1) Unlängst zum ersten Mal herausgegeben (von Pfeiffer): Marienlegenden, Stuttg. 1846. S. 87. Daselbst im Anhange S. 273. wird auch der lateinische Text des Potho mitgetheilt.

2) Das heifst: Auf dem Maste ganz oben erschien ein Fackellicht so schön, das die Finsternifs ganz benahm, die zuvor auf dem Schiffe lag. Weit umher verbreitete sich das Licht von dem Maste. Bei seinem schönen Glanze sahen sie nun alle deutlich.

»Da ward, heifst es weiter, ihr Herz freudenvoll: die grofsen Sturmwinde, die zuvor mit voller Geschwindigkeit auf dem Schiffe lagen, und der Wellen Toben begann sich da zu neigen, und die Furchtsamen, Feigen wurden ermuthigt und froh.«

5. Demnächst sind es besonders vier Heilige, die auf dem Meere hülfreich seyn sollen und mit denen das St. Elmsfeuer in Verbindung gebracht wird: **Nicolaus**, angeblich Bischof von Myra († 343), **Germanus**, Bischof von Auxerre († 448), **Erasmus** und **Petrus Gonzalez**, — von denen ich hier nur auf die beiden letztern eingehe, da der jetzige Name des St. Elmsfeuers auf sie zurückzuführen ist.

Erasmus, ein Bischof, soll aus Antiochien nach Formiae, jetzt Mola am Golf von Gaeta gekommen seyn und unter Diocletian und Maximian (zu Anfang des vierten Jahrhund.) den Märtyrertod gelitten haben. Die älteste Nachricht von ihm aber ist Jahrhunderte später, bei Papst Gregor d. Gr., der in einem Briefe vom J. 596 [1]) erwähnt, dafs zu Formiae dessen Gebeine ruhen. Und Zuverlässiges ist aus seinem Leben nicht bekannt. Sein Name findet sich am 2. Juni in den lateinischen Martyrologien seit dem neunten Jahrhundert. Derselbe lautet zusammengezogen *Ermus*, italienisch *Ermo* auch *Elmo*: und so ist nach ihm, das heifst nach einer alten Kirche St. Eramo, das Kastel zu Neapel St. Elmo genannt, welches König Carl II. um 1300 erbaut und Kaiser Carl V. im J. 1538 erneuert hat, — und eben so ein Fort bei Valette auf der Insel Malta. Er ist es auch, nach dem das Wetterlicht benannt worden. Denn unter eben diesem Namen St. Elmo ist der h. Erasmus seit Jahrhunderten von Schiffern auf dem mittelländischen Meer, zumal Italienern, um Rettung angerufen: »seine Hülfe glaubte man zu erfahren, indem über dem Schiff das Licht erschien, welches die Alten Helena nannten« [2]).

1) Gregor. M. *Registr. Lib. I. ep.* 8.
2) Papebroch. in *Act. Sanct. Ante. Jun. T. I. p.* 218. *f.*

Bei den Spaniern und Portugiesen aber wird in gleicher Weise, selbst unter demselben Namen, der Dominikaner Petrus Gonzalez verehrt, der zu Tuy in Gallicien im J. 1240 gestorben und 1254 selig gesprochen ist, und der in Heiligenverzeichnissen am 15. April aufgeführt wird. Man nannte ihn *patronus maris Hispaniae*, woran sein Geschichtschreiber, der Dominikaner Stephanus de Sampayo († 1600) die Bemerkung knüpft [1]): »daraus erhelle, dafs er schon seit undenklicher Zeit den auf dem Meere Gefahr Leidenden zu Hülfe gekommen, und dafs es nicht fabelhaft und abgeschmackt sey, wenn hin und wieder die den Ocean Befahrenden rühmen und preisen, es sey der heil. Petrus Gonzalez öfters von ihnen bei drohendem Unwetter gesehn auf der Spitze des Mastes oder der Höhe der Segel, mit einer brennenden bläulichen Kerze in der Hand, und sofort nach der Erscheinung lege sich der Sturm und sey das Meer beruhigt«, — eine deutliche Bezeichnung des St. Elmsfeuers. Wonach er auch, in Dominikanertracht, in der Rechten eine brennende bläuliche Wachskerze haltend, abgebildet zu werden pflegt [2]). — Doch ist ihm ursprünglich keineswegs der Name Elmus eigen, sondern derselbe ist von einheimischen Schiffern auf ihn übertragen, da sie denselben Schutz und dieselbe Erscheinung ihm beimafsen, welche die Italiener ihrem Heiligen, dem Erasmus oder Elmus verdankten [3]). Wenn er aber statt Elmus häufig Telmus genannt wird, auch in wissenschaftlichem Sprachgebrauch, wie er unter diesem Namen mit Beziehung auf das St. Elmsfeuer namentlich in der *Hydrographie* von Fournier [4]) vorkommt; so erklärt sich diefs daraus, dafs das Schlufs-*t* von *Sanct* als Anfangsbuchstabe herübergenommen ist, gerade wie aus *Sanct Jacobus* im Portugiesischen *San Tiago* geworden ist.

1) Steph. de Sampayo *Vita Petri Gonsalvi c.* 3. §. 26. in *Act. Sanct. Antv. Apr. T. II. p.* 397.
2) Papebroch, an dem in d. vor. Anm. angef. O. p. 390. c.
3) *Ibid. p.* 390. *f. sq.*
4) Fournier *Hydrographie Lib. XV. ch.* 20. *ed.* 2. *Par.* 1667. *p.* 540.

Schliefslich möge hier noch der beiden grofsen Dichter des sechzehnten Jahrhunderts aus eben diesen Nationen gedacht werden, welche des St. Elmsfeuers Erwähnung thun. Der eine ist Ariost, der die Scene auf dem Schiffe lebendig schildert im Rasenden Roland (zuerst 1515) [1]):

Und völlig siegten heut die grimmen Wogen,
Hielt nicht geschwind die Wuth des Sturmes ein.
Doch bald erheitre sich des Himmels Bogen,
Verheifst Sanct Ermo's [2]) längst ersehnter Schein,
Der auf dem Bugspriet leuchtend aufgegangen,
Weil man gekappt so Mast' als Segelstangen.
u. s. w.

Der andere, Camoëns bezeichnet es nur, ohne es zu nennen, in der Lusiade (zuerst 1572) [3]):

Das Licht, das lebende, gewahrt' ich klärlich,
Das immerdar dem Seevolk heilig galt,
Wenn Ungewitter dunkelt, und gefährlich
Der Sturm sich aufmacht, und Geheul erschallt.

So hat sich bei diesem Naturphänomen eine mythische Vorstellung, getragen von der Legende wie von der romantischen Poesie, mit dem Heiligennamen bis auf die Gegenwart fortgepflanzt.

1) Ariosto *Orlando furioso C. XIX. St.* 50. übers. von Streckfufs 2. Ausg. S. 302.

2) So steht im Italienischen. Ungenau schreibt der Uebersetzer *Sanct Hermus*, worauf aber Schweigger für seine Deutung auf den *Hermes* wiederholt (in den oben nachgewiesenen St.) sich berufen hat.

3) Camoëns *Lusiad. C. V. St.* 18. übers. von Donner S. 166. Vergl. A. v. Humboldt Kosmos Th. II. S. 59. 122.

XIV. *Faraday's neueste Arbeiten im Gebiete der Elektricitätslehre.*

Hr. Faraday hat der Königl. Gesellschaft zu London in den Monaten September, October und November des vorigen Jahres wiederum vier Reihen neuer »*Experimental Researches in Electricity*« übergeben, aus welchen wir hier, da bis zur ausführlichen Veröffentlichung derselben noch einige Zeit verstreichen dürfte, die Hauptmomente nach den im *Phil. Mag.* (1850 Januar) abgedruckten *Proceedings* der Gesellschaft mittheilen wollen.

Vier und zwanzigste Reihe.

In der festen Ueberzeugung, dafs alle Naturkräfte mit einander verwandt und in einander verwandelbar seyen, glaubte Hr. F. voraussetzen zu dürfen, es müsse bei Annäherung oder Entfernung zweier gravitirenden Körper eine Verwandlung der Schwerkraft in Magnetismus oder Elektricität erfolgen. Zu dem Ende liefs er Cylinder aus verschiedenen Stoffen durch eine senkrechte Drahtrolle fallen, und untersuchte, ob in denselben ein elektrischer Strom erzeugt würde. Allein dieser Versuch, so wie alle übrigen, lieferte nur negative Resultate.

Fünf und zwanzigste Reihe.

Diese Reihe bezweckte zu untersuchen, ob in Gasen durch Magnetismus eine Verdichtung oder Verdünnung bewirkt werde.

Die erste Probe geschah in der Weise, dafs die Pole eines kräftigen Magnets mit verschiedenen Gasen umgeben, und dann mittelst Fernröhre, Mikroskope und anderer Mittel untersucht wurde, ob die den Polen näheren Schichten eine andere Brechkraft besäfsen als die entfernteren. Der Versuch ward namentlich mit Sauerstoff und Stickgas angestellt, gab aber nur ein negatives Resultat.

Hierauf brachte Hr. F. die Gase zwischen die beiden, einander bis auf $\frac{1}{60}$ Zoll genäherten Pole eines Magnets, eingeschlossen in cylindrische oder linsenförmige Gefäfse, die mit einer abgesperrten Röhre versehen waren. Das Volum der Gase erlitt indefs bei Erregung des Magnets keine Veränderung, ungeachtet sich noch $\frac{1}{1000}$ desselben beobachten liefs.

Hr. F. schliefst hieraus, dafs die Bewegung magnetischer oder diamagnetischer Körper in einander nicht denen der gewöhnlichen Attraction oder Repulsion ähnlich, sondern differentialer Art seyen. Das veranlafste ihn Seifenblasen mit verschiedenen Gasen zu füllen, und sie dem Magnete auszusetzen, wo er sie dann angezogen oder abgestofsen sah, je nach der Natur der Gase und nach der Natur des umgebenden Mediums.

Diesen Versuch erweiterte er dahin, dafs er einen Hebel, der horizontal an einem Seidenfaden schwebte, an einem Ende mit einem horizontalen Querstab versah, und an den Enden dieses letzteren zwei Glasblasen, jede gefüllt mit einem besonderen Gase, aufhing. Die Glasblasen befanden sich $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander, vor einem auf ihrer Mittellinie liegenden cylindrischen Magnet, der nun, so wie er erregt wurde, den relativen Magnetismus oder Diamagnetismus der beiden Gase anzeigte, indem er die eine oder andere in die axiale Lage zog. Die mit Sauerstoff gefüllte Blase wurde immer angezogen.

Auch wurde in einer der Blasen das Gas in mehr oder weniger verdünntem Zustand angewandt. Sauerstoff von gewöhnlicher Dichte wurde, gegen verdünnten Sauerstoff, immer angezogen, war also stets magnetischer als letzterer. Höchst verdünnter Sauerstoff hielt Stickgas das Gleichgewicht. Stickstoff und auch andere Gase (ausgenommen ölbildendes Gas und Cyan) zeigten dagegen bei jeder Verdünnung dieselbe Kraft. Bei höchster Verdünnung durch die Luftpumpe verhielten sich alle Gase gleich, selbst Sauerstoff.

Daraus schliefst Hr. F., dafs der blofse Raum den schon

früher gesuchten magnetischen Nullpunkt darstelle, und, wie er sich ausdrückt, wird demselben magnetische oder diamagnetische Kraft mitgetheilt, je nach der Substanz, die ihn erfüllt. Zugleich findet er sich veranlafst das Wort *magnetisch* im allgemeinen Sinne zu gebrauchen, und die *magnetischen* Körper in *paramagnetische* und *diamagnetische* einzutheilen [1]).

Sauerstoff ist sehr stark paramagnetisch. Er ist es, wie sich aus einem Versuch ergab, eben so stark als ein gleiches Volum Wasser, welches das Siebenzehnfache seines (des Sauerstoffs) Gewichts an Eisenvitriol gelöst enthält.

Sechs- und sieben und zwanzigste Reihe.

Der experimentelle Theil dieser beiden Reihen reducirt sich in der Hauptsache auf eine nähere Ermittelung des schon früher [2]) untersuchten Einflusses der Wärme auf den Magnetismus der Gase, wobei sich (wahrscheinlich durch das oben angezeigte Verfahren) das Resultat ergeben hat, dafs mit steigender Temperatur der Paramagnetismus des Sauerstoffs abnimmt, der Diamagnetismus des Stickstoffs und der Kohlensäure aber keine Veränderung erleidet [3]).

Darauf hin spricht Hr. Faraday die Ansicht aus, dafs die täglichen Variationen des Erdmagnetismus in Richtung und Intensität eine Folge der Wärmewirkung der Sonne auf unsere Atmosphäre seyen, und er sucht diese Ansicht

1) Wie aber, möchte man fragen, verträgt sich diese Nomenclatur mit Herrn Faraday's eigener Ansicht, dafs erstlich *unmagnetische* Körper gar nicht existiren, und zweitens der Diamagnetismus nicht auf einer Polarität beruhe, sondern generisch vom Magnetismus verschieden sey.

2) Ann. Bd. 73, S. 256.

3) Es wird in dem Berichte nicht angegeben, ob diefs von constanten Gewichtsmengen gelte. Gälte es, wie fast wahrscheinlich, von constanten Volumsmengen, indem ein und dasselbe Glaskügelchen bei verschiedenen Temperaturen mit Gas gefüllt wurde, so könnte die Abnahme des Magnetismus mit der Temperatur beim Sauerstoff wenigstens theilweise die Folge der Verringerung der Masse seyn, und das Gleichbleiben der Wirkung beim Stickstoff und beim kohlensauren Gase könnte möglicherweise aus einer Zunahme des Diamagnetismus entspringen.

durch die Beobachtungen von Hobarton, Greenwich, Washington, Petersburg und anderen Stationen näher zu belegen.

XV. *Ueber einige Phänomene der gezwungenen Ausdehnung der Flüssigkeiten;* *von Hrn. Marcellin Berthelot.*

(*Ann. de chim. et de phys. Sér. T. XXX. p.* 232.)

Füllt man ein etwas starkes, an einem Ende geschlossenes und am anderen zu einer Spitze ausgezogenes Haarröhrchen bei 28 oder 30° C. mit Wasser, erkältet es darauf bis 18°, damit eine gewisse Menge Luft in die offene Spitze eindringe, verschliefst es nun und erhitzt es abermals bis 28° und allmälig stärker, so wird nach einer gewissen Zeit die Luft vollständig gelöst. Erkältet man wieder bis 18°, zu der Temperatur, bei welcher vorhin die Röhre zugleich Gas und Wasser einschlofs, so bemerkt man, dafs das Wasser den ganzen Inhalt der Röhre erfüllt und mithin von 18 bis 28° eine unveränderte Dichtigkeit bewahrt. Man kann sogar, durch tropfenweises Aufschütten von Aether auf die Röhre, die Temperatur noch weiter erniedrigen. Beim geringsten Stofs, bei der geringsten Erschütterung kommt aber jetzt, mit einer Art von Sieden, einem leichten Geräusch und einem mehr oder weniger starken Ruck, das in Wasser gelöste Gas augenblicklich wieder zum Vorschein. Rasch dehnt es sich aus und in weniger als eine Sekunde hat es das Volum wieder erlangt, welches es zuvor bei 18° einnahm.

Die Lösung geschieht bei der Handwärme, sobald man nur dafür sorgt, durch Stöfse die Gasblasen aus dem Innern der Flüssigkeiten zu entfernen. So lange noch eine Spur von nicht gelöstem Gase übrig bleibt, dehnt es sich

bei der Erkaltung in continuirlicher Weise aus ohne dasselbe Phänomen hervorzubrigen. Ebenso, wenn unter einer gewissen Zahl von Blasen sich einige vollständig gelöst haben, ohne dafs dasselbe von allen gilt, so wirft sich die Ausdehnung beim Erkalten gänzlich auf die noch bestehenden, ohne dafs an dem Punkte, wo die gelösten Blasen sich befanden, neue zum Vorschein kommen. Läfst man die Blasen an einem und demselben Punkte im ausgezogenen Theile, so kann man den Druck bedeutend erhöhen, ohne ihre Lösung zu erlangen. So konnten Röhren, die angegebenermaafsen gefüllt waren, bis 75° C. erwärmt werden, ohne dafs die Gasblase verschwand, und doch betrug der Druck unter diesen Umständen mehr als 400 Atmosphären. Dagegen geschieht die Lösung vollständig, wenn man geblasene Glaskugeln, die Wasser und etwas Luft enthalten, im Sonnenschein stehen läfst, da diese Kugeln offenbar unfähig sind einen beträchtlichen Widerstand zu leisten.

Dieselben Beobachtungen habe ich mit folgenden aus allen Klassen gewählten Flüssigkeiten angestellt:

Wasser; wäfsriger Lösung von schwefelsaurem Natron, kohlensaurem Natron, schwefelsaurem Kupferoxyd, essigsaurem Bleioxyd, übermangansaurem Kali, Zucker, Aetznatron, Schwefelammonium, schweflicher Säure, Chlorwasserstoffsäure und Ammoniak.

Chlorwasserstoffsaurer Lösung von Kohlenoxyd in Kupferchlorür.

Gewöhnlicher und rauchender Salpetersäure, Schwefelsäurehydrat, Essig-, Bernstein- und Buttersäure.

Absolutem, gewöhnlichem, und gesalzenem Alkohol, absolutem und gewöhnlichem Aether, Aceton, und holländischer Flüssigkeit; Terpenthinöl, Olivenöl, Kreosot.

Schwefelkohlenstoff, Schwefelchlorür und Chlorid, Zinnchlorid, Chlorchromsäure; Brom.

Quecksilber ist die einzige Flüssigkeit, mit welcher es mir nicht gelingen wollte, weder in der Luft noch im Wasser. Eine Luftblase blieb mehrere Tage in Gegen-

wart des Quecksilbers ohne sich, wenigstens vollständig, zu lösen, und das unter einem Druck von 200 bis 300 Atmosphären, hervorgebracht durch die während dieser Zeit unterdrückte Ausdehnung des Quecksilbers für 8 bis 10 Grade.

Besonders leicht ist das Phänomen mit sehr flüchtigen Flüssigkeiten hervorzubringen. Schwefelsäure dagegen bietet einige Schwierigkeiten dar. Das Gas entwickelt sich bald in einer Wolke feiner Bläschen, bald in einer oder zwei mehr oder weniger grofsen Blasen. Die Art der Entwicklung scheint mit der Langsamkeit der Erkaltung verknüpft zu seyn. Je länger sie dauert, desto feiner und gleichmäfsiger vertheilt sind die Blasen. Einige Flüssigkeiten, z. B. concentrirte Aetznatronlauge und Zuckerwasser, lassen sich bis gegen Null erkalten, ohne dafs das Gas wieder erscheint.

Zweierlei Dinge sind in den eben auseinandergesetzten Beobachtungen wohl zu unterscheiden:

1. Eine unter Einflufs des Drucks erzeugte Uebersättigung der Flüssigkeit mit dem Gase, die durch Stöfse oder Erschütterungen zerstört wird; man hat davon viele Beispiele.

2. Ein Zustand von gezwungener Ausdehnung der Flüssigkeit; in der That erfüllt diese einen Augenblick vor der Erschütterung dasselbe Volum, welches sie einen Augenblick nachher gemeinschaftlich mit dem Gase einnimmt und diefs Volum ist dasselbe, welches die durch eine Erwärmung von 8° bis 10° und mehr ausgedehnte Flüssigkeit einnahm. Diese gezwungene Ausdehnung ist keine scheinbare, hervorgegangen aus der Verringerung der Capacität der Röhre, die blofs von aufsen dem Druck der Luft ausgesetzt ist, denn die aus dieser Ursache entspringende Volumsverringerung ist nur ein sehr kleiner Bruch von der Ausdehnung der Flüssigkeit für einen Grad Erhöhung ihrer Temperatur. Ebenso wenig darf das Phänomen der durch die Lösung des Gases veränderten Dichtigkeit der Flüssigkeit zugeschrieben werden; denn die Gasmenge ist in Bezug auf das Volum der Flüssigkeit sehr klein, da sie einer

Ausdehnung für etwa zehn Grade entspricht, und überdiefs nimmt, wie gesagt, die Flüssigkeit vor der Erschütterung genau dasselbe Volum ein, wie hernach die Flüssigkeit gemeinschaftlich mit dem Gase. Die dadurch erzeugte Dichtigkeitsveränderung ist ungeheuer. Für Wasser beträgt sie $\frac{1}{4\,2\,0}$ seines Volums bei 18°, für Alkohol $\frac{1}{9\,3}$, für Aether $\frac{1}{5\,9}$ u. s. w. Die Hervorbringung eines solchen Effects im entgegengesetzten Sinn würde für Wasser einen Druck von 50, und für Aether einen von 150 Atmosphären erfordern. Es ist also ein Phänomen der gezwungenen Ausdehnung, und zwar ein allgemeines, wie es die grofse Anzahl der von mir untersuchten Flüssigkeiten beweist. Wahrscheinlich begleitet es alle Uebersättigungen, aber in verschiedener Stärke und Richtung, ohne immer sichtbar gemacht werden zu können.

Auf den Rath des Hrn. Regnault habe ich gesucht, die beiden Thatsachen zu sondern, und die gezwungene Ausdehnung der Flüssigkeit in Vacuo hervorzubringen. Folgenden Apparat habe ich angewandt um die Röhren mit vollkommen luftfreien Flüssigkeiten zu füllen.

Ich nehme eine Literphiole (*B* Fig. 6 Taf. II.) und fülle sie zu drei Vierteln mit der Flüssigkeit. Durch den Pfropfen gehen zwei Röhren, die eine, doppelt gekrümmt, mündet mit ihren äufserem Ende in den Verdichtungsballon *C* unter einer Schicht derselben Flüssigkeit; die andere, gerade und kurz, nimmt die Spitze einer sehr dickwandigen Glasröhre *A* auf, die an einem Ende verschlossen und am andern zu einer 60 bis 80 Centimeter langen Spitze ausgezogen ist. Diese Spitze ist in der Mitte gekrümmt, und geht bis zum Boden der in der Phiole enthaltenen Flüssigkeit hinab. Man füllt den Behälter und den capillaren Theil mit Flüssigkeit, indem man darin die Luft verdünnt, die durch Erkaltung eingetretene Flüssigkeit sieden läfst und die letzten Luftblasen durch Ausdehnung der Substanz vertreibt. Nachdem diefs geschehen, stopft man etwas Baumwolle in die Röhre, durch welche die ausgezogene Spitze in die Phiole hineinreicht und giefst Gypsbrei auf die Baumwolle.

Nachdem Gestehen des Gypses erhitzt man die Flüssigkeit in der Phiole bis zum Sieden und erhält sie darin 2 bis 3 Stunden lang, vertreibt nun durch Sieden alle in der Röhre *A* enthaltene Flüssigkeit. Um diese Destillation ohne Explosion zu bewerkstelligen, erhitzt man erst alle in der Röhre enthaltene Flüssigkeit bis nahe zum gewöhnlichen Siedepunkt, dann überhitzt man blofs den capillaren Theil an dem Punkte seiner Vereinigung mit dem Behälter und nun treibt man die an diesem Punkte empfangene Verdampfung weiter, indem man immer die obere Schicht der Flüssigkeit erhitzt. So stöfst die Flüssigkeit nur ziemlich schwach auf. Endlich läfst man die Flüssigkeit in der Röhre *A* erkalten und erniedrigt ihre Temperatur unter die der Atmosphäre, indem man einige Tropfen Aether darauf gieſst. Man läfst nun die Flüssigkeit an einem Punkt des ausgezogenen Theiles sieden, zieht ihn weiter aus und schmilzt ihn vor der Lampe zu, bei möglichst schwacher und auf die möglichst kleinste Strecke beschränkter Hitze, sobald die Flüssigkeit einigermafsen durch Wärme zersetzbar ist.

Solchergestalt füllte ich Röhren mit Alkohol und mit Aether und sah das Phänomen der gezwungenen Ausdehnung wiederum zum Vorschein kommen. Beim Wasser tritt es wenig hervor, aber ungemein stark ist es beim Aether, stärker vielleicht als in Gegenwart von Luft. Die Röhre mit Wasser zeigte, als ihre Spitze unter Quecksilber abgebrochen wurde, nicht die geringste Spur von Gas; das in ihrem oberen Theil befindliche Vacuum verschwand im Nu. Eine Luftblase, die ich dann eintreten liefs, löste sich in einigen Minuten nicht merklich. Bei der Röhre mit Aether verschwanden aber die ersten so hinein gelassenen Luftblasen fast augenblicklich.

Das Phänomen entsteht also im Vacuum so gut wie in der Luft und ist unabhängig von der Uebersättigung. Diese Beständigkeit der Dichte der Flüssigkeit innerhalb eines mehr oder weniger beträchtlichen Temperatur-Intervalls scheint mir herzurühren von der Adhäsion der Flüssigkeit zum Glase. Es ist eine Kraft, die sich der Zertheilung der Flüssigkeit

widersetzt und die nur zerstört werden kann durch Verstärkung der Molecular-Attraction der Flüssigkeit, eine Verstärkung, welche unter dem Einfluſs der Erkaltung bewirkt wird.

XVI. *Die erste Idee zum elektrischen Telegraphen.*

Veranlaſst durch die Bemühung des Prof. Maunoir in Genf, seinem Freunde, dem verstorbenen Dr. Odier, die erste Idee zum elektrischen Telegraphen zu vindiciren [1]), macht Hr. N. S. Heineken, zu Sidmouth, im *Philosoph. Magazine*, 1830 *December*, darauf aufmerksam, daſs schon über hundert Jahr früher in Daniel Schwenter's *Mathematisch-Philosophischen Erquickstunden* (Nürnberg, 1636) p. 346 folgende Aufgabe gestellt werde:

»Wie mit dem Magnetzünglein zwo Personen einander in die Ferne etwas zu verstehen geben mögen.«

»Wann Claudius zu Paris und Johannes zu Rom wäre, auch einer dem andern etwas zu verstehen geben wolte, müſste jeder einen Magnetzeiger oder Zünglein haben, mit dem Magnet so kräfftig bestreichen, daſs es ein anderes von Paris zu Rom beweglich machen könnte. Nun möchte es seyn, daſs Claudius und Johannes jeder einen Compasten hätte, nach der Zahl der Buchstaben in dem Alphabeth getheilet, und wolten einander etwas zu verstehen geben, allezeit um 6 Uhr des Abends. Wann sich nun das Zünglein $3\frac{1}{2}$ Mal umgewendet von dem Zei-

1) Wofür er indeſs nur die in einem Briefe von 1773 gemachte, sehr unbestimmte Aeuſserung beibringt, daſs er Versuche im Kopfe habe, wie Europäer mit dem Groſsmogul correspondiren könnten (*Bibl. univ.* 1850 Febr.)

chen, welches Claudius dem Johannes gegeben, sagen wolte: Komm zu mir, so möchte er sein Zünglein still stehen oder bewegen machen, bis in das *K*, darnach auf dem *O*, drittens auf dem *M*, und so fort, wann nun eben in solcher Zeit sich des Johannis Magnetzünglein auf gedachte Buchstaben ziehet, könnte er leichtlich des Claudii Begehren verzeichnen und ihn verstehen. — Die Invention ist schön, aber ich achte nicht davor, dafs ein Magnet solcher Tugend auf der Welt gefunden werde. Ich vor meine Person halte es mit dem Authore, glaube auch nicht, dafs ein Magnet nur auf 2 oder 3 Meil solte solche Krafft haben, es kämen dann diejenigen Stein darzu, deren ich in meiner Stenographia gedacht.«

Zu bemerken ist hiebei jedoch, dafs, wenn man hierin die erste rohe Idee zum elektrischen Telegraphen erblicken will, man sie nicht unserem sonst verdienten Landsmann Schwenter zuschreiben kann, da gerade die angeführte Stelle, wie sie selbst schon erkennen läfst, keine originale, sondern aus dem anonymen französischen Werke (*Récréations mathématiques*, *Rouen* 1634) entlehnt ist, das seinen Erquickstunden zum Grunde liegt. Dieselbe Idee findet sich übrigens auch in Kircher's: *De arte magnetica.*

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1851. ANNALEN No. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXII.

I. *Messungen galvanischer Leitungswiderstände nach einem absoluten Maafse;* von *Wilhelm Weber.*

§. 1.

Erklärung der absoluten Maafseinheit für galvanische Leitungswiderstände.

Wie für die *Geschwindigkeit* kein eigenes *Grundmaafs* aufgestellt zu werden braucht, wenn Raum- und Zeitmaafs gegeben sind, so braucht auch kein eigenes *Grundmaafs für den galvanischen Leitungswiderstand* aufgestellt zu werden, wenn Maafse für die elektromotorische Kraft und für die Stromintensität gegeben sind. Man kann dann nämlich *denjenigen Widerstand zur Maafseinheit nehmen, welchen ein geschlossener Leiter besitzt, in welchem die Maafseinheit der elektromotorischen Kraft die Maafseinheit der Stromintensität hervorbringt.* Hierauf beruht die Zurückführung der Messungen galvanischer Leitungswiderstände auf ein absolutes Maafs.

Man könnte glauben, dafs sich diese Zurückführung noch einfacher ausführen liefse, wenn man auf die räumlichen Dimensionen (Länge und Querschnitt) der galvanischen Leiter zurückginge und sich dabei an dasjenige Metall hielte, welches zu solchen Leitern am geeignetsten ist und am häufigsten dazu gebraucht wird, an das *Kupfer*. Unter der absoluten Maafseinheit des Leitungswiderstandes würde dann derjenige Widerstand verstanden werden, welchen ein kupferner Leiter besitzt, dessen Länge dem Längenmaafse und dessen Querschnitt dem Flächenmaafse gleich ist, wobei also, aufser Längen- und Flächenmaafs, *der*

specifische Leitungswiderstand des Kupfers als Maafseinheit für die specifischen Widerstände leitender Stoffe gegeben seyn müfste. Es wäre dazu also ein eigenes *Grundmaafs für specifische Widerstände* nöthig, dessen Einführung Bedenken haben würde, *erstens*, weil dadurch keine Ersparnifs in der Zahl der Grundmaafse erlangt wird, wenn um das Grundmaafs für den absoluten Widerstand entbehrlich zu machen, ein anderes Grundmaafs eingeführt werden mufs, welches sonst entbehrlich wäre. *Zweitens* aber ist weder das Kupfer noch ein anderes Metall ein geeigneter Stoff, um zur Feststellung eines Grundmaafses für specifische Widerstände zu dienen. Jacobi sagt darüber, dafs bei den Widerständen auch der chemisch reinsten Metalle Unterschiede stattfänden, welche durch eine Verschiedenheit der Dimensionen nicht erklärt werden könnten, und dafs also, wenn der eine Physiker seine Widerstandsmesser und Multiplicatoren auf Kupferdraht von 1 Meter Länge und 1 Millimeter Dicke bezöge, die anderen Physiker immer noch nicht die Ueberzeugung hätten, ob sein Kupferdraht und der ihrige einen gleichen *Widerstandscoëfficienten* besitze, d. h. ob der *specifische* Widerstand des Kupfers von allen diesen Drähten gleich sey. Die Zurückführung der Messungen galvanischer Leitungswiderstände auf ein absolutes Maafs kann daher nur dann eine wesentliche Bedeutung haben und praktische Anwendung finden, wenn sie auf die zuerst angegebene Weise geschieht, wobei keine anderen Maafse als das für die *elektromotorische Kraft* und das für die *Stromintensität* vorausgesetzt werden.

Es fragt sich aber dann ferner, welche Maafse für *elektromotorische Kräfte* und *Stromintensitäten* gegeben seyen? Auch für die Messung dieser Gröfsen brauchen keine eigenen *Grundmaafse* aufgestellt zu werden, sondern sie können auf *absolutes Maafs* zurückgeführt werden, wenn die magnetischen Maafse für *Stabmagnetismus* und *Erdmagnetismus* und *Raummaafs* und *Zeitmaafs* gegeben sind.

Unter der absoluten Maafseinheit der *elektromotorischen Kraft kann nämlich diejenige elektromotorische Kraft ver-*

standen werden, welche die Maafseinheit des Erdmagnetismus auf einen geschlossenen Leiter ausübt, wenn derselbe so gedreht wird, dafs die von seiner Projection auf eine gegen die Richtung des Erdmagnetismus senkrechte Ebene begränzte Fläche während des Zeitmaafses um das Flächenmaafs zunimmt oder abnimmt. — Unter der absoluten Maafseinheit der *Stromintensität kann die Intensität desjenigen Stroms verstanden werden, welcher, wenn er eine Ebene von der Gröfse des Flächenmaafses umläuft, die nämlichen Wirkungen nach den elektromagnetischen Gesetzen in die Ferne ausübt, wie ein Magnetstab, welcher die Maafseinheit des Stabmagnetismus enthält.* — Die absoluten Maafse des *Stabmagnetismus* und des *Erdmagnetismus* sind aus der Abhandlung von Gaufs: *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata. Gottingae* 1833, (Ann. Bd. XXVIII, S. 241 und 591) bekannt.

Aus dieser Darstellung geht von selbst hervor, dafs die Messungen galvanischer Leitungswiderstände auf ein absolutes Maafs zurückgeführt werden können, wenn nur *Raummaafs, Zeitmaafs* und *Massenmaafs als Grundmaafse* gegeben *sind*; denn die zuletzt angeführten, von Gaufs festgestellten absoluten Maafse des *Stabmagnetismus* und des *Erdmagnetismus* hängen bekanntlich blofs von diesen drei Grundmaafsen ab. Die nähere Betrachtung lehrt, dafs selbst von diesen drei Grundmaafsen das *Massenmaafs* nicht in Betracht kommt, wie aus folgender Uebersicht der einfachen Relationen hervorgeht, welche durch diese Feststellung absoluter Maafse der hier betrachteten verschiedenen Gröfsenarten begründet werden.

Als Grundmaafse kommen dabei das *Längenmaafs R* und das *Zeitmaafs S* in Betracht; als *absolute Maafse* das Flächenmaafs *F* und die Maafseinheiten des *Stabmagnetismus M*, des *Erdmagnetismus T*, der *elektromotorischen Kraft E*, der *Stromintensität J* und des *Leitungswiderstandes W*.

Hiernach hat man *erstens*, wenn wW den Widerstand irgend eines geschlossenen Leiters, eE die elektromotorische Kraft, welche auf diesen Leiter wirkt, und iJ die In-

tensität des durch diese elektromotorische Kraft hervorgebrachten Stroms ausdrückt, zwischen den drei Zahlen w, e, i die Relation:

$$w = \frac{e}{i},$$

woraus einleuchtet, dafs, wenn die Zahlen e und i durch Messung bestimmt sind, mittelbar auch die Zahl w dadurch gefunden wird, ohne dafs es dazu einer besonderen Messung bedarf.

Wenn *zweitens* eE die elektromotorische Kraft ausdrückt, welche auf irgend einen geschlossenen (ebenen) Leiter wirkt, fJ den Flächenraum der von diesem Leiter umschlossenen Ebene, tT den Erdmagnetismus, von welchem jene elektromotorische Kraft herrührt und sS den Zeitraum, in welchem die Ebene jener Leiter durch Drehung aus einer mit der Richtung des Erdmagnetismus parallelen in eine darauf senkrechte Lage in solcher Weise übergeführt wird, dafs die von seiner Projection auf eine gegen diese Richtung des Erdmagnetismus senkrechte Ebene begränzte Fläche, mit der Zeit proportional, während des Zeitmaafses um das Flächenmaafs wächst; so hat man zwischen den vier Zahlen e, f, t, s folgende Relation:

$$e = \frac{ft}{s},$$

und hieraus leuchtet ein, dafs wenn die drei Zahlen f, t, s durch Messung bestimmt sind, mittelbar auch die Zahl e dadurch gefunden wird, ohne dafs es dazu einer besonderen Messung bedarf.

Wenn *drittens* iJ die Stromintensität in irgend einem geschlossenen (ebenen) Leiter ausdrückt, fT den Flächenraum der von diesem Leiter umschlossenen Ebene und mM den Magnetismus eines Stabes, welcher an die Stelle jenes Leiters gesetzt (seine magnetische Axe senkrecht gegen die Ebene des Leiters) dieselben Wirkungen nach elektromagnetischen Gesetzen in die Ferne ausübt, wie jener durchströmte Leiter; so hat man zwischen den drei Zahlen i, f, m folgende Relation:

$$i = \frac{m}{f},$$

woraus einleuchtet, dafs wenn die Zahlen f und m durch Messung bestimmt sind, mittelbar auch die Zahl i dadurch gefunden wird, ohne dafs es dazu einer besonderen Messung bedarf.

Aus diesen drei Relationen ergiebt sich endlich

$$w = \frac{e}{i} = \frac{fft}{sm},$$

und hieraus folgt, dafs wenn die vier Zahlen f, s, m, t durch Messung bestimmt sind, mittelbar auch die Zahl w dadurch gefunden wird. Die Zahl f wird durch Ausmessung des Flächenraums der vom Leiter umschlossenen Ebene, die Zahl s durch Zeitmessung gefunden, und es bleiben also nur die Zahlen m und t übrig, welche durch eine Messung des Stabmagnetismus nach der von Gaufs in der angeführten Abhandlung gegebenen Vorschrift gefunden werden. Die Unveränderlichkeit der Maafseinheit für galvanische Leitungswiderstände kann hiernach sicher so lange verbürgt werden, als die vier gegebenen Maafse: Flächenmaafs, Zeitmaafs und die Maafseinheiten für Stabmagnetismus und Erdmagnetismus unverändert erhalten werden; doch folgt daraus noch keineswegs, dafs die Erhaltung dieser vier gegebenen Maafse eine nothwendige Bedingung für die Unveränderlichkeit der Maafseinheit galvanischer Leitungswiderstände sey, vielmehr reicht dazu schon die blofse Erhaltung derselben Maafseinheit für *Geschwindigkeiten* hin.

Bezeichnet nämlich tT den Erdmagnetismus, von welchem die elektromotorische Kraft herrührt, welche auf den geschlossenen Leiter wirkt, dessen Widerstand gemessen worden ist, ferner $m'M$ den Magnetismus eines Stabes (dessen magnetische Axe der Richtung des Erdmagnetismus parallel sey, während die von seinem Mittelpunkte zum Mittelpunkt der vom Leiter umschlossenen Ebene gezogene Gerade gegen die Richtung des Erdmagnetismus senkrecht ist) welcher nach magnetischen Gesetzen aus grofser Ent-

fernung am Orte des Leiters genau gleiche Wirkung ausüben würde, wie der mit tT bezeichnete Erdmagnetismus, und endlich rR die Länge der von der Mitte dieses Stabes zur Mitte der von Leiter umschlossenen Ebene gezogenen Geraden; so hat man nach der »*Intensitas*« zwischen den drei Zahlen t, m', r die einfache Relation:

$$t = \frac{m'}{r^3}.$$

Substituirt man diesen Werth von t in der Gleichung für w, so erhält man:

$$w = \frac{ff}{r^3} \cdot \frac{m'}{m} \cdot \frac{1}{s}.$$

Bezeichnet endlich $r'R$ die Seitenlänge eines Quadrats, dessen Flächenraum dem Flächenraume der vom Leiter umschlossenen Ebene gleich ist, woraus die Relation

$$f = r'r'$$

folgt, und setzt man auch diesen Werth von f in die obige Gleichung, so erhält man:

$$w = \frac{r'^3}{r^3} \cdot \frac{m'}{m} \cdot \frac{r'}{s}.$$

Auf den Werth des Factors $\left(\frac{r'^3}{r^3} \cdot \frac{m'}{m}\right)$ hat nun, wie von selbst einleuchtet, eine Aenderung der gegebenen Maafse gar keinen Einfluſs; dagegen hat eine Aenderung der gegebenen Raum- und Zeitmaafse auf den Werth des Factors $\frac{r'}{s}$, und dadurch auf den Werth der Zahl w Einfluſs, wenn nicht beide Maafse zugleich proportional vergröſsert oder verkleinert werden. Der Werth der Zahl w ergiebt sich hieraus also unabhängig von allen Aenderungen der gegebenen Maafse, so lange dadurch keine Aenderung im *Geschwindigkeitsmaafse* verursacht wird. Wird aber durch eine Veränderung der gegebenen Maafse das Geschwindigkeitsmaafs nMal verkleinert oder vergröſsert, so ergiebt sich für den Factor $\frac{r'}{s}$ und folglich auch für die Zahl w ein nMal gröſserer oder kleinerer Werth, was so viel heiſst,

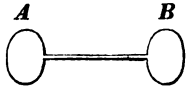
als dafs der Widerstand gegenwärtig nach einem nMal kleineren oder gröfseren Maafse ausgedrückt wird. Die Unveränderlichkeit der Maafseinheit für galvanische Leitungswiderstände hängt also nach der gegebenen Erklärung blofs von der Unveränderlichkeit des gegebenen Geschwindigkeitsmaafses ab. Wird das Geschwindigkeitsmaafs nMal gröfser oder kleiner genommen, so wird damit zugleich auch die Maafseinheit für galvanische Leitungswiderstände nMal vergröfsert oder verkleinert.

§. 2

Schema für die Messung eines galvanischen Leitungswiderstandes nach absolutem Maafs.

Die Längen- und Zeitmessungen, welche nach dem vorigen §. zur Bestimmung des galvanischen Widerstandes eines Leiters genügen, setzen Verhältnisse voraus, von deren zweckmäfsigen Anordnung die practische Ausführbarkeit und Genauigkeit einer solchen Bestimmung abhängt. Zur einfachen Uebersicht der wesentlichen Verhältnisse diene folgendes Schema.

Aus dem galvanischen Leiter, dessen Widerstand gemessen werden soll, werden zwei kreisförmige Ringe A und B gebildet, welche auf die in der Figur dargestellte Weise zusammenhängen. Der ganze aus den beiden Kreisen A, B und den beiden Verbindungsstücken bestehende Leiter bildet eine in sich zurücklaufende Linie, von welcher der Einfachheit wegen angenommen wird, dafs sie in einer Ebene liege, und dafs die die Mittelpunkte beider Kreise verbindende Gerade mit der Richtung des Erdmagnetismus zusammenfalle. T bezeichne die Stärke des Erdmagnetismus, wie sie nach absolutem Maafse ausgedrückt aus magnetometrischen Messungen gefunden wird, r bezeichne die der Einfachheit wegen einander gleich gesetzten Halbmesser der beiden Kreise. Projicirt man nun den Kreis A nach der Richtung des Erdmagnetismus AB auf eine gegen AB senkrechte Ebene, so ist der Flächenraum der von der Projection begränzten Ebene $= 0$. Die Beugsamkeit



der die beiden Kreise verbindenden Drähte möge aber gestatten, den Kreis A zu drehen und gegen AB senkrecht zu stellen, wo dann der Flächenraum der von derselben Projection begränzten Ebene $=\pi rr$ wird. Diese Drehung geschehe in einer kurzen Zeit s auf solche Weise, dafs der Flächenraum der von der Kreisprojection begränzten Ebene in dieser Zeit von 0 bis πrr gleichförmig wachse. Es ergiebt sich dann nach den *magnetoelektrischen* Gesetzen eine *elektromotorische Kraft,* welche der Erdmagnetismus T auf den gedrehten kreisförmigen Leiter A während der Zeit s ausübt, und welche nach der im vorigen §. erklärten Maafseinheit durch eE ausgedrückt wird, wo die Zahl e durch die Gleichung

$$e=\frac{\pi rr}{s}.T$$

bestimmt ist. Durch diese elektromotorische Kraft wird während der Zeit s ein durch den ganzen geschlossenen Leiter gehender Strom hervorgebracht; dessen *Intensität* nach der im vorigen §. erklärten Maafseinheit mit iJ bezeichnet werden soll. Dieser Strom geht auch durch den Kreis B und wirkt von hier aus auf eine entfernte Magnetnadel in C, deren Drehungsaxe, auf der Richtung des Erdmagnetismus AB senkrecht, in der Ebene des Kreises liegt. C liege in der verlängerten AB[1]). Es ergiebt sich nun aus den *elektromagnetischen* Gesetzen, dafs das von dem durch den Kreis B gehenden Strom auf die Nadel in C ausgeübte Drehungsmoment dem von einem Magnetstabe ausgeübten Drehungsmomente gleich ist, welcher im Mittelpunkte des Kreises B so aufgestellt würde, dafs seine magnetische Axe auf der Kreisebene senkrecht wäre, wenn sein nach absolutem Maafse ausgedrückter Magnetismus M

$$M=\pi rri$$

ist. Wenn nun ferner der nach gleichem Maafse ausgedrückte Magnetismus der Nadel in $C=m$ und $BC=R$ ist und φ den Winkel bezeichnet, welchen die magnetische Axe der Nadel in C mit der Richtung des Erdmagnetismus

1) D. h., der die Centra der Kreise A und B verbindenden Linie.

AB macht, so wird das von dem Stabmagnetismus M auf den Stabmagnetismus m ausgeübte Drehungsmoment nach bekannten *magnetischen* Gesetzen durch

$$\frac{Mm}{R^3}.\cos\varphi = \frac{\pi rr}{R^3}.im\cos\varphi$$

ausgedrückt. Hieraus ergiebt sich, wenn K das Trägheitsmoment der Nadel bezeichnet, die *Acceleration* der Drehung:

$$\frac{dd\varphi}{ds^2} = \frac{\pi rr}{R^3}.\frac{im}{K}.\cos\varphi,$$

und folglich, wenn die Nadel vorher in Ruhe und $\varphi = 0$ war, die *Drehungsgeschwindigkeit* am Ende der kurzen Zeit s

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{\pi rr}{R^3}.\frac{im}{K}.s.$$

Aus dieser Geschwindigkeit findet man endlich für die aus *unmittelbarer Beobachtung* bekannte gröfste Elongation α der dadurch in Schwingung gesetzten Nadel, nach den bekannten Schwingungsgesetzen durch Multiplication mit der Schwingungsdauer t und durch Division mit der Zahl π, folgenden Ausdruck:

$$\alpha = \frac{rr}{R^3}.\frac{im}{K}.st.$$

Für die Schwingungsdauer t hat man aber die bekannte Gleichung:

$$mT = \frac{\pi\pi K}{tt},$$

woraus

$$\frac{mt}{K} = \frac{\pi\pi}{tT}$$

und also

$$\alpha = \frac{\pi\pi rr}{R^3}.\frac{is}{tT}.$$

Nun ist α durch unmittelbare Beobachtung gefunden, folglich erhält man hieraus zur Bestimmung der Zahl i

$$i = \frac{R^3}{\pi\pi rr}.\frac{t}{s}.T\alpha.$$

Man könnte nun ferner, indem man beachtet, dafs der durch den Kreis B gehende Strom auch den Kreis A durchläuft, auch die Wirkung des Kreisstroms A auf die Nadel in C berechnen; indessen möge hier der Einfachheit wegen angenommen werden, dafs die Entfernung AC so grofs sey, dafs diese Wirkung gegen die Wirkung des Kreisstroms B verschwinde: es giebt dann die *wirklich beobachtete* Elongationsweite der Nadel in C unmittelbar den Werth von α.

Sonach wird also von der nach absolutem Maafse ausgedrückten *elektromotorischen Kraft* eE, für welche

$$e = \frac{\pi r r}{s} . T$$

gefunden worden ist, in dem ganzen geschlossenen Leiter, dessen Raum gemessen werden soll, ein Strom hervorgebracht, dessen *Intensität* nach absolutem Maafse durch iJ ausgedrückt wird, wo

$$i = \frac{R^3}{\pi\pi r r} . \frac{t}{s} . T\alpha$$

gefunden worden ist. Der *gesuchte Widerstand* des ganzen geschlossenen Leiters wird aber nach der im vorigen §. erklärten Maafseinheit durch wW ausgedrückt, wo die Zahl w durch das Verhältnifs der gefundenen Zahlen e und i bestimmt ist, nämlich:

$$w = \frac{e}{i} = \frac{\pi^3 r^4}{R^3 t \alpha} .$$

Die Ausführung der Messung eines galvanischen Leitungswiderstands nach absolutem Maafse beruht hiernach auf der Messung der Gröfsen

$$r, R, t, \alpha,$$

oder, mit anderen Worten, der Widerstand des ganzen geschlossenen Leiters kann nach absolutem Maafse ausgedrückt werden, wenn man durch Beobachtungen *erstens* die Zahl α gefunden hat, welche die Elongationsweite der Nadel in Theilen des Halbmessers angiebt, *zweitens* die Zahl $\frac{r}{R}$, welche den Halbmesser der beiden Kreise in Thei-

len der Entfernung BC angiebt, *drittens* die Geschwindigkeit $\frac{r}{t}$, mit welcher der Halbmesser jener Kreise während einer Schwingung der Nadel dürchlaufen wird. Auch hieraus sieht man wieder, dafs das *Geschwindigkeitsmaafs* das einzige Maafs ist, welches gegeben seyn mufs, wenn der Widerstand eines Leiters nach absoluten Maafse durch Messung bestimmt werden soll.

§. 3.

Beobachtungen.

Von den vier Gröfsen, welche, nach den vorigen §. zum Zwecke der Bestimmung eines galvanischen Leitungswiderstandes nach absolutem Maafse, durch *Beobachtungen* gefunden werden sollen, können drei wirklich leicht mit grofser Genauigkeit gemessen werden, nämlich der Halbmesser r der beiden Kreise, die Entfernung $BC=R$ des Kreises B von der Nadel in C und die Schwingungsdauer der Nadel t. Es bleibt also nur die vierte Gröfse, nämlich die in Theilen des Halbmessers ausgedrückte Elongationsweite der Nadel α, übrig, welche gewöhnlich so klein ist, dafs sie nicht beobachtet werden kann. Diefs ist der Grund, warum bei der wirklichen Ausführung der Beobachtungen von der im vorigen §. beschriebenen Anordnung etwas abgewichen werden mufs. Um nämlich einen so grofsen Werth von α zu erhalten, dafs er genau beobachtet werden könne, ist es *erstens* nöthig, dafs die Magnetnadel, auf welche der Kreisstrom B wirken soll, statt in einer grofsen Entfernung $BC=R$, im Mittelpunkte des Kreisstroms B selbst aufgestellt werde, wo die Wirkung desto gröfser ist, je kleiner der Halbmesser r, im Vergleich mit R, ist. Nur mufs dabei darauf geachtet werden, dafs die Länge der Nadel viel kleiner sey, als der Durchmesser des Kreises, damit die eigenthümliche Vertheilungsweise des Magnetismus in der Nadel nicht genauer in Rechnung gebracht zu werden brauche, weil die Erforschung dieser Vertheilungsweise mit Schwierigkeiten verbunden ist. *Zweitens* ist es nöthig, dafs

die beiden Kreise, statt aus einer Umwindung, aus vielen, Umwindungen des Leiters zusammengesetzt werden, wodurch sie sich in Ringe von gröfserem Querschnitt verwandeln. Es mufs dann aber der Einflufs aller Umwindungen einzeln in Rechnung gebracht werden, weil sie verschiedene Halbmesser haben und nicht alle in einer Ebene mit der Nadel liegen.

Es wurde daher zu dem galvanischen Leiter, dessen Widerstand gemessen werden sollte, ein sehr langer und dicker Kupferdraht gewählt, der 169 Kilogramm wog. Davon wurden 16 Kilogramm zum Ringe *A* verwendet, welcher aus 145 Umwindungen bestand, die zusammen eine Fläche von nahe 105 Quadratmetern begränzten. Dieser Ring wurde vertical aufgestellt und konnte um seinen verticalen Durchmesser durch eine Kurbel schnell im Halbkreise gedreht werden, so dafs das Perpendikel auf der Ringebene am Anfang und am Ende der Drehung mit dem magnetischen Meridian zusammenfiel. — Die übrigen 153 Kilogramm wurden zu dem Ringe *B* verwendet, welcher aus 1854 Umwindungen bestand, die zusammen einen 202 Millimeter breiten und 70,9 Millimeter hohen Querschnitt geben. Der innere Halbmesser dieses Ringes war 303,51, der äufsere 374,41 Millimeter. Dieser zweite Ring wurde fest aufgestellt und seine Ebene fiel mit dem magnetischen Meridian zusammen. Im Mittelpunkte dieses zweiten Ringes *B* wurde nun eine kleine, 60 Millimeter lange Magnetnadel mit Spiegel (wie in einem kleinen Magnetometer) an einen Kokonfaden aufgehängt und die Schwingungen und Elongationen der Nadel mit einem auf dem Spiegel gerichteten Fernrohre an einer nahe 4 Meter von dem Spiegel entfernten Scale beobachtet.

Die Beobachtungen wurden auf folgende Weise gemacht. Der Ring *A* wurde zuerst so gestellt, dafs seine Ebene mit dem magnetischen Meridian zusammenfiel und die im Mittelpunkte des Ringes *B* aufgestellte Magnetnadel wurde dabei in Ruhe gebracht. Darauf wurde der Ring *A* plötzlich um 90° gedreht. Dadurch wurde die im Mittelpunkte

des Ringes *B* befindliche Magnetnadel in Schwingung gesetzt und es wurde mit dem Fernrohr der Stand der Nadel bei ihrer gröfsten (positiven) Elongation, welche sie nach einer halben Schwingungsdauer erreichte, an der Scale beobachtet. Eine Schwingungsdauer später, also $1\frac{1}{2}$ Schwingungsdauer nach dem Anfang, gelangte die Nadel zu ihrer gröfsten (negativen) Elongation nach der entgegengesetzten Seite, welche ebenfalls an der Scale beobachtet wurde. Hierauf wurde in dem Augenblicke, wo die wieder vorwärts schwingende Nadel ihren ursprünglichen Ruhestand passirte, also zwei Schwingungsdauern nach dem Beginn der Versuche, der Ring *A* um 180° zurück gedreht. Die schwingende Nadel wurde dadurch mitten in ihrer Bewegung arretirt und rückwärts geworfen, worauf nun wieder zuerst ihre gröfste negative und sodann ihre gröfste positive Elongation an der Scale beobachtet wurde. Nach Verlauf von vier Schwingungsdauern von Anfang, d. i. in dem Augenblicke, wo die Nadel von ihrer letzten Elongation zurückkehrend ihren ursprünglichen Ruhestand passirte, wurde der Ring wieder um 180° vorwärts gedreht und sodann die nämliche Elongation wieder beobachtet, wie das erste Mal, und auf diese Weise wurden die Versuche so lange fortgesetzt, bis eine hinreichende Beobachtungsreihe erhalten worden war. Die folgende Tafel enthält vier solcher Beobachtungsreihen. Für jede Reihe sind in der *ersten* Columne die an der Scale beobachteten Elongationen der Reihe nach unter einander gestellt; in der *zweiten* Columne sind die Mittelwerthe aus je zwei auf einander folgenden, positiven oder negativen, Elongationen beigefügt worden. In der *dritten* Columne sind die Differenzen der auf positive und negative Elongation sich beziehenden Mittelwerthe, d. i. die Gröfse der ganzen Schwingungsbogen bemerkt worden.

Erste Reihe.			Zweite Reihe.			Dritte Reihe.			Vierte Reihe.		
467,1			467,1			463,0			462,0		
540,7	543,70		540,5	543,65		536,7	539,65		534,7	538,20	
546,7		80,10	546,8		79,65	542,6		80,40	541,7		80,00
461,4	463,60		461,3	464,00		456,6	459,25		455,3	458,20	
465,8		79,75	466,7		79,55	461,9		80,35	461,1		79,75
540,6	543,35		540,8	543,55		537,6	539,60		535,1	537,95	
546,1		79,25	546,3		79,90	541,6		79,55	540,8		79,50
462,3	464,10		461,8	463,65		458,3	460,05		456,0	458,45	
465,9		79,45	465,5		80,00	461,8		79,70	460,9		79,50
541,4	543,55		542,1	543,65		537,7	539,75		535,3	537,95	
545,7		79,75	545,2		79,70	541,8		79,95	540,6		80,05
462,3	463,80		462,8	463,95		457,9	459,80		456,0	457,90	
465,3		79,70	465,1		79,85	461,7		79,85	459,8		79,85
542,0	543,50		542,3	543,80		537,6	539,65		536,1	537,75	
545,0		79,45	545,3		80,10	541,7		79,70	539,4		79,55
462,8	464,05		462,7	463,70		458,2	459,95		456,8	458,20	
465,3		79,45	464,7		79,80	461,7		80,10	459,6		79,65
542,0	543,50		542,3	543,50		537,6	540,05		536,0	537,85	
545,0		79,65	544,7		79,75	542,5		80,05	539,7		79,70
462,9	463,85		462,8	463,75		457,3	460,00		456,5	458,15	
464,8		79,85	464,7		79,60	462,7		79,50	459,8		79,60
542,7	543,70		541,9	543,35		536,6	539,50		535,8	537,75	
544,7		79,45	544,8		79,75	542,4		79,75	539,7		79,55
463,4	464,25		462,3	463,60		457,2	459,75		456,4	458,20	
465,1		79,70	464,9		79,85	462,3			460,0		79,55
542,6	543,95		541,3	543,45					535,7	537,75	
545,3		79,75	545,6						539,8		
462,8	464,20										
465,6											
Mittel 79,64.			Mittel 79,79.			Mittel 79,90.			Mittel 79,69.		

Der Mittelwerth aus diesen vier Reihen zusammen ist 79,755 Scalentheile = 79,4 Millimeter, welcher noch um $\frac{1}{2}$ Millimeter zu vergröfsern ist, wenn man auf den Einfluſs Rücksicht nimmt, welchen es hatte, daſs die Drehung des Ringes A nicht in einer so kurzen Zeit bewerkstelligt werden konnte, welche gegen die Schwingungsdauer der Nadel vernachlässigt werden durfte. Hieraus ergiebt sich für α der Werth:

$$\alpha = \frac{79,9}{8175}$$

indem der doppelte Horizontalabstand des Spiegels von der Scale genau 8175 Millimeter betrug.

Die Schwingungsdauer der Nadel war aus 300 Schwingungen

$$t = 10'',2818$$

gefunden worden, wobei der von der Elasticität des Aufhängungsfadens herrührende Theil der Directionskraft den 1770ten Theil der magnetischen Directionskraft betrug, also

$$\frac{1}{1+\theta} = \frac{1770}{1771}$$

war. Endlich wurde noch, wegen der grofsen Entfernung der beiden Ringe in einem nicht eisenfreien Locale, die Schwingungsdauer einer und derselben Nadel am Orte der beiden Ringe verglichen und ihr Verhältniſs wie 2,9126: 2,9095 gefunden, woraus sich ergiebt, daſs wenn T' den Erdmagnetismus für A, T'' für B bezeichnet,

$$T' : T'' = 470 : 471.$$

Diese Beobachtungen genügen, um den Widerstand des ganzen geschlossenen Leiters nach absolutem Maafse zu bestimmen und es wird daraus nach genauer Berechnung

$$w = 2166 . 10^8$$

gefunden.

§. 4.

Anwendung des Princips der Dämpfung.

Statt den *Erdmagnetismus* zu benutzen, um eine auf absolutes Maafs zurückführbare elektromotorische Kraft dar-

zustellen, kann man auch den *Stabmagnetismus* in Anwendung bringen, und es leuchtet dann von selbst ein, dafs die zweckmäfsigste Stelle für den Magnetstab, dessen Magnetismus dazu in Anwendung kommen soll, im *Mittelpunkte* des vom inducirten Leiter gebildeten Ringes seyn werde. Dabei kann dann entweder der Magnetstab feststehen und der Ring um seinen auf der magnetischen Axe des Magnetstabes senkrechten Durchmesser hin und her gedreht werden, oder es kann umgekehrt der Ring feststehen und der Magnetstab um jenen Durchmesser hin und her gedreht werden. Im letzteren Falle kann eine starke im Mittelpunkte des Ringes aufgehangene *schwingende Magnetnadel* benutzt werden.

Der Strom, welcher durch die von dem Stabmagnetismus einer im Mittelpunkte des Ringes schwingenden Magnetnadel herrührenden elektromotorische Kraft in dem geschlossenen Leiter hervorgebracht wird, wirkt nun aber nach dem Principe der *Dämpfung* selbst wieder rückwärts auf die schwingende Nadel und bringt eine Abnahme ihrer Schwingungsbogen hervor, welche mit grofser Genauigkeit beobachtet werden kann, und die *Intensität* dieses Stromes läfst sich aus diesen Beobachtungen ebenfalls nach absolutem Maafse bestimmen. Es leuchtet daraus ein, dafs der Strom alsdann gar nicht durch einen zweiten, als Galvanometer dienenden Ring geleitet zu werden braucht, um die Intensität des Stroms zu messen. Es kann daher der ganze Leiter, dessen Widerstand gemessen werden soll, zur Bildung eines einzigen Rings, welcher zugleich als Inductor und Multiplicator dient, benutzt werden.

Nach dieser Vereinfachung genügt *die Beobachtung der Schwingungsbogen einer im Mittelpunkte des Ringes schwingenden Magnetnadel,* durch deren *Gröfse* die Stärke der elektromotorischen Kraft, welche auf den geschlossenen Leiter wirkt, und durch deren *Abnahme* die Intensität des von jener elektromotorischen Kraft in dem geschlossenen Leiter hervorgebrachten Stromes bestimmt werden kann.

Bei

Bei der Ausführung der Beobachtungen nach diesem Principe der *Dämpfung* kommt es hauptsächlich darauf an, dafs der Magnetismus der im Mittelpunkte des Ringes schwingenden Nadel recht stark sey, um eine starke Dämpfung zu bewirken, dafs aber zugleich auch die Länge der Nadel im Vergleich mit dem Durchmesser des Ringes recht klein sey, damit zur Berechnung des Widerstandes des geschlossenen Leiters keine genaue Kenntnifs der Vertheilungsweise des Magnetismus in der Nadel erforderlich sey, deren genauere Erforschung Schwierigkeiten findet. In dem jetzt allein gebrauchten Ringe, welcher der nämliche ist, welcher vorher mit *B* bezeichnet wurde und 303,51 Millimeter inneren, und 374,41 Millimeter äufseren Halbmesser und 202 Millimeter Höhe hatte, wurde um eine bei 90 Millimeter Länge möglichst starke Magnetnadel aufgehangen und damit begonnen, das die Enden des den Ring bildenden Drahts von einander *gelöst* wurden. Die Nadel wurde alsdann in Schwingung gesetzt und nach der von Gauss in den »Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1837« gegebenen Anleitung die Schwingungsdauer der Nadel und die Abnahme ihrer Schwingungsbogen, oder das logarithmische Decrement dieser Abnahme, bestimmt. Darauf wurde der ringförmige Leiter *geschlossen* und die nämlichen Beobachtungen wiederholt. Sodann wurde der Leiter wieder *gelöst* und auf diese Weise mehrmals abgewechselt. Die Resultate dieser Beobachtungen sind in der folgenden Tafel zusammengestellt, wo in der *ersten* Columne unter *A* das logarithmische Decrement der Abnahme der Schwingungsbogen bei *geschlossenem* Leiter, in der *zweiten* Columne unter *B* das nämliche bei *offenem* Leiter, in der *dritten* Columne unter *t* die dabei beobachtete *Schwingungsdauer* angegeben ist. Darunter sind die Mittelwerthe bemerkt.

A.	*B.*	*t.*
0,028645	0,000460	9,1128
0,027955	0,000360	9,1148
0,028565	0,000380	9,1107
0,028388	0,000400	9,1128

Hieraus ergiebt sich also der von der Dämpfung herrührende Theil des logarithmischen Decrements, nach dem Briggs'schen Systeme = 0,028388 — 0,000400 = 0,027988, oder, nach dem natürlichen Systeme,

$$\lambda = 0{,}064445.$$

Der Stabmagnetismus der schwingenden Nadel *M*, aus magnetometrischen Messungen bestimmt, war nach absolutem Maafse im Verhältnifs zum horizontalen Theile der erdmagnetischen Kraft *T* gefunden worden:

$$\frac{M}{T} = 20733000.$$

Der von der Elasticität des Aufhängungsfadens herrührende Theil der Directionskraft der Nadel endlich war 68 Mal kleiner als der vom Magnetismus herrührende gefunden worden, oder

$$\frac{1}{1+\theta} = \frac{68}{69}.$$

Für die Berechnung des Leitungswiderstandes aus diesen nach dem Principe der Dämpfung ausgeführten Beobachtungen ergeben sich folgende Regeln.

Nach dem Gesetze der magnetischen Induction ist die *elektromotorische Kraft* eines im Mittelpunkte eines kreisförmigen Leiters schwingenden kleinen Magnets, dessen magnetische Axe mit der Kreisebene den Winkel φ macht, seinem Magnetismus *M*, dem Cosinus des Winkels φ und der Drehungsgeschwindigkeit $\frac{d\varphi}{dt}$ direct, dem Halbmesser des Kreises *r* umgekehrt proportional, und wird, wenn *M* nach absolutem Maafse ausgedrückt ist, ebenfalls nach absolutem Maafse bestimmt durch:

$$e = \frac{2\pi M}{r} \cdot \cos\varphi \frac{d\varphi}{dt}.$$

Nach elektromagnetischem Gesetze dagegen ist das *Drehungsmoment,* welches der im kreisförmgen Leiter inducirte Strom auf den im Mittelpunkte schwingenden kleinen Magnet ausübt, dem Magnetismus M, dem Cosinus des Winkels φ und der Stromintensität i direct, dem Halbmesser r umgekehrt proportional, und wird, wenn auch i nach absolutem Maafse ausgedrückt ist, ebenfalls nach absolutem Maafse bestimmt durch:

$$D\frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi M}{r} \cdot i\cos\varphi.$$

Für kleine Schwingungen, bei welchen φ wenig von 0 abweicht, ist

$$e = \frac{2\pi M}{r} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

$$D\frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi M}{r} \cdot i.$$

Bezeichnet K das Trägheitsmoment des schwingenden Magnets, auf welchen die vom horizontalen Theile der erdmagnetischen Kraft herrührende Directionskraft MT wirkt, so ergiebt sich die Gleichung seiner Bewegung:

$$0 = \frac{dd\varphi}{dt^2} + \frac{MT}{K}\varphi + \frac{D}{K}\frac{d\varphi}{dt}$$

und hieraus durch Integration:

$$\varphi = p + Ae^{-\frac{Dt}{2K}}\sin(t-B)\sqrt{\left(\frac{MT}{K} - \tfrac{1}{4}\frac{DD}{KK}\right)}.$$

Hierin ist $\frac{D}{2K}$ das auf die Zeiteinheit reducirte logarithmische Decrement der Abnahme der Schwingungsbogen nach dem natürlichen Systeme; also ist, wenn τ die Schwingungsdauer unter dem Einflusse der Dämpfung bezeichnet:

$$\lambda = \frac{D\tau}{2K} = \frac{\pi M}{rK} \cdot \frac{dt}{d\varphi} \cdot \tau i$$

und die *Stromintensität:*

$$i = \frac{rK\lambda}{\pi M\tau} \cdot \frac{d\varphi}{dt}.$$

Es folgt hieraus zur Berechnung des Leitungswiderstandes

$$w' = \frac{e}{i} = \frac{2\pi\pi MM}{rrK\lambda}.\tau.$$

Aus obiger Gleichung für φ ergiebt sich aber zur Bestimmung der Schwingungsdauer unter dem Einflufs der Dämpfung

$$\tau\sqrt{\left(\frac{MT}{K} - \tfrac{1}{4}\frac{DD}{KK}\right)} = \pi = \tau\sqrt{\left(\frac{MT}{K} - \frac{\lambda\lambda}{\tau\tau}\right)},$$

woraus

$$\frac{M}{\tau} = \frac{\pi\pi + \lambda\lambda}{\tau T},$$

also

$$w' = \frac{2\pi\pi}{rr} \cdot \frac{\pi\pi + \lambda\lambda}{\lambda\tau} \cdot \frac{M}{T}.$$

Hiernach berechnet, mit Rücksicht auf die aus der Zusammensetzung des Dämpfers aus vielen Umwindungen, und aus der Elasticität des Aufhängungsfadens sich ergebende Correction, findet man aus obigen Beobachtungen:

$$w' = 1898.10^8$$

§. 5.

Vergleichung der nach absolutem Maafse bestimmten Leitungswiderstände mit Jacobi's Widerstands-Etalon.

Zur Vergleichung des Widerstandes zweier Leiter giebt es sehr verschiedene Methoden, auf deren Erörterung hier nicht eingegangen zu werden braucht. Nach einer solchen in der Abhandlung näher erörterten Methode sind die beiden in den vorhergehenden §§. betrachteten Leitungswiderstände verglichen und gefunden worden:

$$w : w' = 1138 : 1000.$$

Reducirt man nach diesem Verhältnisse den erstern Widerstand auf den letztern, so hat man dafür

$$w' = \frac{1000}{1138} w = 1903.10^8,$$

während die unmittelbare Bestimmung im vorigen §.

$$w' = 1898.10^8$$

gegeben hat. Aus diesen beiden, nach ganz verschiedenen

Methoden gefundenen, sehr nahe übereinstimmenden Angaben soll in der Folge

$$19.10^{10}$$

als mittlerer Werth für diesen Widerstand angenommen werden.

Auf die Wichtigkeit, welche die Einführung eines bestimmten, von allen Physikern angenommenen Maafses für die Leitungswiderstände, wie auch für die elektromotorischen Kräfte und Stromintensitäten, gegenwärtig habe, wo so viele galvanische Untersuchungen mit so mannigfalltigen Instrumenten gemacht werden, deren Vergleichung unter einander oft von grofsem Interesse ist, hat besonders Jacobi aufmerksam gemacht, und hat zu diesem Zwecke für den Leitungswiderstand ein *Grundmaafs* in einem Kupferdrahte vorgeschlagen, welchen er mehreren Physikern, die sich mit galvanischen Messungen beschäftigen, mit der Aufforderung zugesandt hat, diesen Widerstands-Etalon mit ihren Widerstandsmessern zu vergleichen und ihre Messungen künftig nach diesem Messer anzugeben.

Dieser Widerstands-Etalon ist ein Kupferdraht von $7619\frac{3}{4}$ Millimeter Länge und $\frac{2}{3}$ Millimeter Dicke, welcher $22449\frac{3}{10}$ Milligramm wiegt.

Dieses von Jacobi eingeführte Widerstandsmaafs, welches, wie zu hoffen, allgemeine Annahme finden wird, wird keineswegs durch das hier erörterte *absolute Maafs* verdrängt; denn es ist nicht möglich, jeden Widerstand nach diesem absoluten Maafse unmittelbar zu bestimmen, während jeder Widerstand mit dem Jacobi'schen Maafse unmittelbar verglichen werden kann. Bei der Bedeutung aber, welche die absoluten Maafsbestimmungen für viele Untersuchungen haben, ist es von Wichtigkeit, alle nach dem Jacobi'schen Maafse gemachten Angaben auf absolutes Maafs reduciren zu können, was durch eine Vergleichung des oben nach absolutem Maafse bestimmten Widerstandes mit dem Widerstande des Jacobi'schen Etalons leicht geschehen kann.

Eine solche Vergleichung ist nun zu diesem Zwecke wirklich ausgeführt worden und hat ergeben, dafs diese

beiden Leitungswiderstände sich nahe wie 32:1 verhalten, oder genauer wie 19000:598. Da nun also der erstere Leitungswiderstand nach absolutem Maafse zu 19000 Millionen Eiheiten gefunden worden ist, so entspricht das Jacobi'sche Widerstandsmaafs 5980 Millionen Einheiten, oder man erhält ganz nahe die nach Jacobi's Maafse bestimmten Leitungswiderstände durch Multiplication mit 6 Milliarden nach absolutem Maafse ausgedrückt. Es würde nach dieser Bestimmung möglich seyn, das Jacobi'sche Maafs, auch wenn es verloren ginge, näherungsweise wieder herzustellen.

§. 6.

Ueber den von Kirchhoff gefundenen Werth der Constanten, von welcher die Intensität inducirter elektrischer Ströme abhängt.

Die von Neumann in seiner Aufstellung der mathematischen Gesetze der inducirten elektrischen Ströme mit ε bezeichnete *Inductions-Constante* hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit W die oben für galvanische Leitungswiderstände aufgestellte absolute Maafseinheit, mit W' dagegen dasjenige Widerstandsmaafs, dessen man sich wirklich bedient, ferner mit C das Geschwindigkeitsmaafs, welches bei Aufstellung obiger absoluter Maafse zum Grunde liegt (1 Millimeter in 1 Sekunde), mit C' dagegen dasjenige Geschwindigkeitsmaafs, dessen man sich bei Messung der inducirenden Bewegungen und Wirkungen der inducirten Ströme wirklich bedient (1 preufsischer Zoll = 26,154 Millimeter in 1 Sekunde bei Kirchhoff); so ist

$$\varepsilon = 2\frac{C'W}{CW'}.$$

Es geht daraus hervor, dafs wenn der Werth dieser Inductionsconstanten ε einmal bestimmt ist, jeder nach dem gewählten Maafse gegebene Widerstand auf absolutes Maafs zurückgeführt werden kann.

Bei der von Kirchhoff im 76. Bande dieser Annalen gegebenen Bestimmung der Inductions-Constanten ε ist zum

Widerstandsmaafse der Widerstand eines *Kupferdrahts* gewählt worden, dessen Länge 1 preufsicher Zoll = 26,154 Millimeter und dessen Querschnitt 1 preufsischer Quadratzoll = 684 Quadratmillimeter ist. Leider ist hierdurch kein ganz bestimmtes Widerstandsmaafs gegeben, weil verschiedene Stücke Kupfer bei den nämlichen Dimensionen verschiedenen Widerstand haben, und es folgt daraus, dafs auch der Werth der Inductions-Constanten ε innerhalb der jener Variabilität des Kupferwiderstands entsprechenden Gränzen dabei unbestimmt gelassen wird. Kirchhoff bemerkt daher selbst: »Da die Leitungsfähigkeit des Kupfers zwischen gewissen Gränzen variirt, so ist bei der Angabe des Zahlenwerthes von ε nur eine beschränkte Genauigkeit von Interesse.« Kirchhoff wollte nur einen Näherungswerth von ε geben, welcher für seinen Zweck genügte, und er begnügte sich damit um so eher, als die von ihm gebrauchten Methoden und Instrumente auch dann, wenn er ein ganz bestimmtes Widerstandsmaafs aufgestellt hätte, eine feinere Bestimmung des Zahlenwerths von ε kaum gestattet haben würden.

Es ist aber von Wichtigkeit, das Interesse, welches eine genaue Bestimmung des Zahlenwerthes von ε hat, das aber durch jene Unbestimmtheit in der Wahl des Widerstandsmaafses verschwindet, durch Hebung dieser Unbestimmtheit wieder herzustellen, und dieſs geschieht, wenn man sich nicht an *Kupfer im Allgemeinen*, sondern blofs an das von Kirchhoff bei seinen Messungen *wirklich gebrauchte Stück Kupfer* hält und den Widerstand eines Drahts von *diesem Kupfer*, dessen Länge 26,154 Millimeter und dessen Querschnitt 684 Quadratmillimeter ist, zum Widerstandsmaafs wählt und also das von Kirchhoff gefundene Resultat nur auf das hierdurch genau bestimmte Maafs und die damit gemachten oder darauf reducirten Messungen bezieht.

Für dieses Maafs fand nun Kirchhoff, indem er 1 preufsischen Zoll in 1 Sekunde zum Geschwindigkeitsmaafse genommen hatte:

$$\varepsilon = \frac{1}{192},$$

woraus folgt (da $C' = 26{,}154\,C$ war), dafs derjenige Widerstand, welcher 52,308 Einheiten des oben aufgestellten absoluten Maafses beträgt, der 192te Theil des Widerstandes eines Drahtes von dem Kirchhoff'schen Kupfer ist, dessen Länge 26,154 Millimeter und dessen Querschnitt 584 Quadratmillimeter ist, oder mit andern Worten, dafs das von Kirchhoff gewählte Widerstandsmaafs 10043 Mal gröfser ist, als das oben aufgestellte absolute Maafs.

Wenn nun auch diese Angabe des Zahlenwerths von ε nur als eine approximative betrachtet werden soll, so hat es doch Interesse, dieselbe mit anderen Angaben, welche auf ganz anderen Wegen und mit verschiedenen Instrumenten gefunden worden sind, zu vergleichen, weil dadurch eine Prüfung der verschiedenen dabei zu Hülfe genommenen Naturgesetze an einander gewonnen wird. Kirchhoff's Messungen beziehen sich nämlich auf Ströme, welche durch *Volta-Induction* erzeugt waren, und es sind daher bei ihm die Gesetze der Volta-Induction, welche zur Bestimmung des Zahlenwerthes von ε zu Hülfe genommen worden sind; während die von mir gemachten Messungen sich auf Ströme beziehen, welche durch *Magnet-Induction* erzeugt waren, und es daher die Gesetze der Magnet-Induction sind, welche bei mir zur Bestimmung des Zahlenwerthes von ε führen sollen.

Es soll daher zunächst der Zahlenwerth von ε gegeben werden, welcher aus den von mir gemachten Messungen sich ergiebt. Dafs nämlich aus diesen Messungen der Werth von ε bestimmt werden könne, sobald nur der Widerstand des Kirchhoff'schen Kupferdrahts mit dem Widerstande des Jacobi'schen Etalons verglichen worden ist, leuchtet von selbst ein. Diese Vergleichung habe ich nun aber ausgeführt, nachdem ich jenen Draht von Kirchhoff gütigst mitgetheilt erhalten habe, und bin dadurch in den Stand gesetzt, das Resultat dieser Vergleichung hier nach-

träglich mitzutheilen. Das Resultat dieser Vergleichung ist folgendes:

Ein Stück von Kirchhoff's Draht, welches 13,573 preufsische Zoll lang war und 0,4061 Quadratlinien Querschnitt hatte, besafs einen Widerstand, der sich zum Widerstande des Jacobi'schen Etalons verhielt wie:

$$1:106.$$

Hieraus folgt das Verhältnifs des Widerstandes des von Kirchhoff gewählten (oben näher bestimmten) Maafses zu dem Widerstande des Jacobi'schen Etalons wie

$$1:106.13{,}573.\frac{144}{0{,}4061}.$$

Bezeichnet man also den Widerstand des Jacobi'schen Etalons mit J und das von Kirchhoff's Widerstandsmaafs mit W', so ist

$$\frac{J}{W'}=510180.$$

Nun ist aber der Widerstand des Jacobi'schen Etalons gleich 5980 Millionen Einheiten des absoluten Maafses oben gefunden worden; folglich ist, wenn das absolute Widerstandsmaafs mit W bezeichnet wird

$$\frac{J}{W}=5980000000;$$

folglich

$$\frac{W'}{W}=11720.$$

Nun ist $\frac{C'}{C}=26{,}154$, folglich

$$\varepsilon=2\frac{C'W}{CW'}=\frac{1}{224}$$

d. i. um $\frac{1}{7}$ kleiner als Kirchhoff gefunden hat. Eine gröfsere Uebereinstimmung liefs sich nicht erwarten, weil Kirchhoff's Angabe blofs als Näherungswerth Geltung haben soll.

Es möge hier noch endlich eine Bestimmung des *specifischen Widerstandes der verschiedenen Sorten von Kupfer*

beigefügt werden, welche zum Jacobi'schen Etalon, dem Kirchhoff'schen Drahte und dem von mir gebrauchten Dämpfer verwendet worden sind.

Man pflegt den *specifischen Widerstand* eines Körpers nach einer absoluten Einheit anzugeben, indem man zu dieser Einheit den specifischen Widerstand eines solchen Körpers nimmt, dessen absoluter Leitungswiderstand bei der Länge $= 1$ und bei dem Querschnitt $= 1$ dem festgesetzten Widerstandsmaafse gleich ist. Die Bestimmung des specifischen Widerstandes nach dieser Einheit findet aber besonders bei feinen Drähten eine praktische Schwierigkeit in der genauen Ausmessung ihres Querschnitts, und Kirchhoff hat daher zur Beseitigung dieser Schwierigkeit den Querschnitt seines Drahtes auf indirectem Wege durch Bestimmung seines absoluten und specifischen Gewichts und seiner Länge ermittelt.

Nun liegt aber der Bestimmung specifischer Widerstände nach dieser Einheit die Voraussetzung zum Grunde, dafs der Leitungswiderstand eines und desselben Drahtes von unveränderter Länge, wenn derselbe seiner Dicke nach ausgedehnt oder zusammengedrückt werde, im verkehrten Verhältnifs des Querschnitts variire, was aber auf keine Weise nachgewiesen worden ist, auch bei den geringen Aenderungen des Querschnittes, die man durch Drucke hervorbringen kann, schwerlich nachgewiesen werden kann. Man hat daher eben so viel Grund, anzunehmen, dafs sobald nur die Masse und die Länge des Drahtes unverändert bleibe, der Leitungswiderstand auch bei veränderlichem Querschnitte nicht variire. Unter dieser Annahme mufste aber die absolute Einheit auf andere Weise festgestellt werden, nämlich als der specifische Widerstand eines solchen Körpers, dessen absoluter Leitungswiderstand bei der Länge $= 1$ und bei der Masse $= 1$ dem festgesetzten Widerstandsmaafse gleich ist. Man bestimmt darnach den specifischen Widerstand irgend eines Körpers dadurch, dafs man den nach dem festgesetzten Widerstandsmaafse ausgedrückten Leitungswiderstand eines daraus gebildeten Drahts

mit seiner Masse multiplicirt und mit dem Quadrate seiner Länge dividirt.

Nach der so festgesetzten Einheit sollen nun die specifischen Widerstände der drei Kupfersorten, welche von Jacobi, Kirchhoff und von mir gebraucht worden sind, bestimmt werden, weil, auch abgesehen von den obigen Bedenken, diese Bestimmung jedenfalls die praktisch ausführbarste und anwendbarste ist. Folgende Tafel giebt die Uebersicht von diesen Bestimmungen.

Kupfersorte zu	Länge in Millim.	Masse in Milligramm.	Widerstand nach absolutem Maafse.	Specif. Widerstand.	ε.
Jacobi's Draht	7620	22435	5980000000	2310000	$\frac{1}{276}$
Kirchhoff's »	355	4278	58500000	1916000	$\frac{1}{224}$
Weber's »	3946000	152890000	190000000000	1865600	$\frac{1}{218}$

Man sieht hieraus, dafs zwischen dem von Kirchhoff und von mir gebrauchten Kupfer nur ein geringer Unterschied stattfindet, während das von Jacobi gebrauchte viel mehr abweicht, indem es eine bedeutend geringere Leitungsfähigkeit besitzt. In der Vermuthung, dafs Jacobi zu seinem Etalon vielleicht galvanoplastisch niedergeschlagenes Kupfer angewendet habe, habe ich einen Draht von solchem Kupfer, den ich durch die Güte des Hrn. Prof. Schellbach in Berlin erhielt, einer Prüfung unterworfen und folgende Resultate gefunden, welche im Gegensatze mit obiger Vermuthung beweisen, dafs das galvanoplastisch gewonnene und zu Draht ausgezogene Kupfer sogar noch etwas gröfsere Leitungsfähigkeit besitzt.

Ein Draht von galvanoplastisch niedergeschlagenem Kupfer.	Länge in Millim.	Masse in Milligramm.	Widerstand nach absolutem Maafse.	Specif. Widerstand.	ε.
	12780	221295	1243000000	1684000	$\frac{1}{156}$

8,8784 specifisches Gewicht

In der letzten Columne hier und in der oberen Tafel sind unter ε die verschiedenen Zahlenwerthe bemerkt, welche

für die Neumann'sche Inductions-Constante erhalten wurden, wenn man sich an die von Kirchhoff gewählten Maafse hält, dabei aber die verschiedenen hier betrachteten Kupfersorten in Anwendung bringen wollte. Hält man sich dagegen an die oben festgesetzten absoluten Maafse, so ist $C'=C$, $W'=W$ und ε hat stets den Werth 2.

§. 7.

Ueber die Constanten der elektrischen Gesetze, welche von der Wahl der Maafse abhängen.

Das von Neumann aufgestellte Gesetz inducirter elektrischer Ströme stellt die Intensität dieser Ströme als abhängig von einer Constanten dar, deren Zahlenwerth aus den Maafsen bestimmt werden mufs, nach welcher die in Betracht gezogenen Gröfsen gemessen werden. Diese Constante hat Neumann die *Inductionsconstante* genannt. Eine solche Constante kommt nun in dem allgemeinen Ausspruch jedes Naturgesetzes vor, welcher angiebt, wie eine Gröfse durch andere bestimmt werde. Es möge hier eine Uebersicht dieser Constanten für alle Grundgesetze folgen, welche sich auf *elektromotorische Kräfte, Stromintensitäten* und *galvanische Leitungswiderstände* beziehen. Jedes dieser Gesetze stellt die gesuchte Gröfse als einen Ausdruck anderer mefsbaren Gröfsen dar, welcher eine Constante zum Factor hat, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmen ist.

1) Das Grundgesetz der Volta'schen Säule stellt die Intensität des Stromes i als einen Ausdruck der elektromotorischen Kraft e und des Widerstandes w dar, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmem ist, mit α bezeichnet wird;

$$i=\alpha.\frac{e}{w}.$$

Die Constante α hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit J, E, W die oben festgesetzten absoluten Maafse für Stromintensitäten, elektromotorische Kräfte und Leitungswi-

derstände, und mit J', E', W' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist

$$\alpha = \frac{JE'W}{J'EW'},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient,

$$\alpha = 1.$$

2) Das Grundgesetz des Elektromagnetismus stellt die elektromotorische Kraft F als einen Ausdruck der Masse magnetischen Fluidums μ, der Länge ds und Intensität i des Stromelements, der Entfernung beider von einander r, und einer Zahl dar, welche durch den Winkel φ gegeben ist, den r mit ds bildet, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmen ist, mit β bezeichnet wird:

$$F = \beta . \frac{\mu i ds}{rr} \sin\varphi.$$

Die Constante β hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit P die absolute Maafseinheit für Drehungsmomente (das Product eines Millimeters in diejenige Kraft, welche in einer Sekunde der Masse eines Milligramms die absolute Maafseinheit der Geschwindigkeit ertheilt), mit M die absolute Maafseinheit des magnetischen Fluidums und mit J das absolute Maafs für Stromintensitäten, ferner mit P', M', J' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist:

$$\beta = \frac{PM'J'}{P'MJ},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient,

$$\beta = 1.$$

3) Das Ampère'sche Grundgesetz der Elektrodynamik stellt die elektrodynamische Anziehungskraft F als einen Ausdruck der Stromintensitäten zweier Elemente i, i' und einer Zahl dar, welche durch die Verhältnisse der Länge der beiden Stromelemente zu ihrer Entfernung $\frac{ds}{r}$, $\frac{ds'}{r}$ und

durch die drei Winkel ε, θ, θ' gegeben ist, welche ds und ds' mit einander und mit r bilden, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmen ist, mit γ bezeichnet wird:

$$F = \gamma . ii' . \frac{ds ds'}{rr} (\cos\varepsilon - \tfrac{3}{2} \cos\theta \cos\theta').$$

Die Constante γ hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit F das absolute Kraftmaafs (diejenige Kraft, welche in einer Sekunde der Masse eines Milligramms die Geschwindigkeit von ein Millimeter in einer Sekunde ertheilt), mit J das absolute Maafs für Stromintensitäten, und mit F', J' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist

$$\gamma = \frac{FJ'J'}{F'JJ},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient,

$$\gamma = 2.$$

4) Das Grundgesetz der Magnet-Induction stellt die elektromotorische Kraft e als einen Ausdruck der Masse magnetischen Fluidums μ, der Geschwindigkeit der inducirenden Bewegung c, der Länge des inducirten Elements ds und dessen Entfernung r von μ, und einer Zahl dar, welche durch die beiden Winkel φ, ψ gegeben ist, die ds mit r und c mit der Normale der Ebene rds bildet, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmen ist mit δ bezeichnet wird:

$$e = \delta . \frac{\mu c ds}{rr} \sin\varphi \cos\psi.$$

Die Constante δ hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit E die absolute Maafseinheit für elektromotorische Kräfte, mit M die absolute Masseneinheit des magnetischen Fluidums, mit S die Zeitsekunde, und mit E', M', S' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist

$$\delta = \frac{EMS}{E'M'S'},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient,

$$\delta = 1.$$

5) Das Grundgesetz der Volta-Induction stellt die elektromotorische Kraft e als einen Ausdruck der Stromintensität i und deren Aenderung $\frac{di}{dt}$, der Geschwindigkeit der inducirenden Bewegung c und der Entfernung des inducirten Elements vom inducirenden r und mehreren Zahlen dar, welche durch die Verhältnisse der Länge der beiden Elemente zu ihrer Entfernung $\frac{ds}{r}$, $\frac{ds'}{r}$ und durch die vier Winkel ε, θ, θ', φ gegeben sind, welche ds und c mit einander und mit r, und ds' mit r bilden, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmen ist, mit ζ bezeichnet wird:

$$e = \zeta . \left[ci . \frac{ds\,ds'}{rr} \left(\cos\varepsilon - \tfrac{3}{2} \cos\theta \cos\theta' \right) \cos\varphi \right.$$
$$\left. + \tfrac{1}{2} \frac{di}{dt} \frac{ds\,ds'}{r} \cos\theta \cos\varphi \right].$$

Die Constante ζ hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit E und J die absoluten Maafseinheiten für elektromotorische Kräfte und Stromintensitäten und mit C das absolute Geschwindigkeitsmafs (ein Millimeter in einer Sekunde), und mit E', J', C' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist:

$$\zeta = 2 . \frac{EJ'C'}{E'JC},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient,

$$\zeta = 2.$$

6) Das allgemeine Grundgesetz der elektrischen Wirkung stellt die elektrische Kraft F als einen Ausdruck der elektrischen Massen v, v', ihrer Entfernung r, ihrer relativen Geschwindigkeit $\frac{dr}{dt}$ und deren Aenderung $\frac{ddr}{dt^2}$ dar, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den

gewählten Maafsen zu bestimmen ist, mit η bezeichnet wird:

$$F=\eta.\frac{vv'}{rr}\left[1-\frac{1}{aa}\left(\frac{dr^2}{dt^2}-2r\frac{ddr}{dt^2}\right)\right].$$

(a bezeichnet die Zahl, welche das Verhältnifs derjenigen Geschwindigkeit angiebt, mit welcher zwei elektrische Massen gegen einander bewegt werden müssen, wenn sie gar keine Kraft auf einander ausüben sollen, zu der Geschwindigkeit von ein Millimeter in einer Sekunde.) Die Constante η hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit F das absolute Kraftmaafs, mit N die absolute Masseneinheit des elektrischen Fluidums (diejenige Masse des elektrischen Fluidums, welche auf eine gleiche Masse in ein Millimeter Entfernung die absolute Einheit der Kraft ausübt), mit R ein Millimeter, und mit F', N', R' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist:

$$\eta=\frac{FN'N'RR}{F'NNR'R'},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient:

$$\eta=1.$$

Jede elektrische Kraft kann aber als elektromotorische Kraft wirken und diese letztere e wird dann nach dem allgemeinen Grundgesetze der elektrischen Wirkung als ein Ausdruck der elektrischen Masse v, der Länge des Elementes ds, in welchem die elektrische Masse, auf welche gewirkt wird, enthalten ist, der Entfernung beider von einander r, ihrer relativen Geschwindigkeit $\frac{dr}{dt}$ und deren Aenderung $\frac{ddr}{dt^2}$ und des Winkels φ, welchen ds mit r bildet, dargestellt, nämlich, wenn die Constante, deren Zahlenwerth aus den gewählten Maafsen zu bestimmen ist, mit k bezeichnet wird:

$$e=k.\frac{vds}{rr}\left[a-1\frac{1}{a}\left(\frac{dr^2}{dt^2}-2r\frac{ddr}{dt^2}\right)\right]\cos\varphi.$$

Die

Die Constante k hat folgende Bedeutung. Bezeichnet man mit E die absolute Maafseinheit für elektromotorische Kräfte, mit N die absolute Masseneinheit des elektrischen Fluidums, mit C die absolute Einheit der Geschwindigkeit (ein Millimeter in der Sekunde) mit R ein Millimeter, und mit E', N', C', R' diejenigen Maafse, deren man sich wirklich bedient, so ist:

$$k = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{EN'C'R}{E'NCR'},$$

folglich, wenn man sich der absoluten Maafse selbst bedient:

$$k = \frac{1}{2\sqrt{2}}.$$

II. *Untersuchungen über die Vertheilung der mittleren Jahrestemperatur in den Alpen; von Hermann Schlagintweit.*

(Schlufs von Seite 180.)

Temperaturabnahme zwischen den Stationen von 0 bis 3000 P. F.

Bei den niedrigeren Punkten der Alpen sind die localen Unregelmäfsigkeiten so grofs, dafs ihre Vergleiche noch keine Schlüsse auf die Temperaturabnahme im Allgemeinen erlauben; allein eine Untersuchung derselben dürfte defsungeachtet nicht ganz ohne Interesse seyn. Es sind bei dieser Zusammenstellung nur für jene Orte Zahlen angegeben, wo eine *Ab*nahme der Temperatur stattfindet; einige unregelmäfsige Fälle, bei welchen eine *Zu*nahme eintritt, sind durch Klammern angedeutet; wir werden auf diese zurückkommen.

I. Oestliche Alpen.		II. Nördliche Kalkalpen.		III. Central-Alpen.		IV. Westlicher Rand.		V. Südliche Alpen	
Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.
*Wien-Gratz. [1]) 450 1206	300	*München-Benedictbeuern. 1543 1890	1500	*Klagenfurt-Lienz. 1349 2314	1300	Ouchy-Lausanne. 1220 1533	630	Venedig-Mailand. 20 431	1400
*Wien-Klagenfurt [2]). 1349	250	*München-Tegernsee. 2251	550	*Klagenfurt-Sagritz. 3520	2800	Vevey-Lausanne. 1250	300	*Venedig-Tolmezzo. 938	440
*Gratz-Aussee [2]) 2162	430	*München-Mittenwald. 2880	1200	*Bern-Freiburg. 1790 1950	300	*Genf-Lausanne. 1253	150	*Mailand-Soglio. 3400	760
Klagenfurt-Radsberg.)		Benedictbeuern-Peissenberg. 1890 3015	1100	Chur-Lienz. 1880	160	(St. Gallen-Zürich.)		*Mailand-Turin. 857	350
		*Innsbruck-Kitzbüchel 1769 2350	640	(Lienz-Sagritz.)				(Görz-Triest.)	
		(Innsbruck-München.)						(*Mailand-Trient.)	
		(München-Andechs.)							
		(Salzburg-Reichenhall.)							

1) Bei jenen Stationen, welche mit * bezeichnet sind, ist der Breitenunterschied berücksichtigt; bei den übrigen wurde sein Einfluss als unbedeutend vernachlässigt.

2) Die einjährigen Beobachtungen von Klagenfurt und Aussee wurden um 0,4° C. erhöht, um mit den wahren Mitteln vergleichbar zu seyn.

Spalte I. In den östlichen Alpen wird die mittlere Temperatur unabhängig von der Höhe in der Richtung von Westen nach Osten ebenso wie in der ungarischen und russischen Ebene kälter. Diefs scheint hier auch die rasche Temperaturabnahme nach der Höhe als eine dieser Gruppe eigenthümliche Unregelmäfsigkeit hervorzubringen.

Die gröfsere Kälte im Osten tritt besonders im Vergleiche von Chur und Lienz (*Spalte* III.) deutlich hervor.

Spalte II. und V, in diesen Stationen zunächst die nördlichen und südlichen Vorebenen der Alpen vertretend, sind uns besonders interessant.

Entsprechend der Voraussetzung, dafs die Veränderung der Höhe bei unveränderter Massenhaftigkeit des Terrains (Hochebene im Gegensatze zu Gipfeln) nur wenig die Temperatur verändern kann, finden sich hier die gröfsten Erhebungen für 1° Differenz. — Ja es treten hier selbst viele Beispiele dafür auf, dafs die Temperatur mit der Höhe wächst [1]), was einen allgemeinen Mittelwerth für die Abnahme noch ungemein erhöhen würde.

Wenn auch diese letzteren Fälle nur als Ausnahmen zu betrachten sind, so zeigen sie doch die grofse Bedeutung localer Einflüsse.

Spalte III und IV. (Centralalpen und Westrand) bieten ebenfalls Beispiele für die langsame Abnahme in diesen Höhen, so Klagenfurt-Lienz, Ouchy-Lausanne etc. etc. Unregelmäfsigkeiten finden im westlichen Theile öfter statt, bisweilen wohl von den Seeen dieses Terrains bedingt [2]).

Temperaturabnahme für Höhen über 3000 P. F.

Es sind auch hier, wie in der Tabelle der Temperaturabnahme für niedrigere Orte, vorzüglich Punkte verglichen, welche derselben Gebirgsgruppe angehören, oder nur geringe Entfernungen in der horizontalen Ebene zeigen, da sonst der Quotient der Abnahme von zu vielen Bedingungen abhängig würde, und der Einfluss der Höhe, welcher hier zunächst untersucht werden soll, nur wenig hervortreten könnte.

1) So bei München-Innsbruck, München-Andechs, Görz-Triest, Mailand-Trient (bei Berücksichtigung der Breitendifferenz).

2) Vergleichen wir z. B. Zürich mit Vevey und Genf, Orten, welche sämmtlich gleiche Höhe (1250 P. F.) haben, so erhalten wir im ersten Falle 1° C. Abnahme für einen Breitengrad, im zweiten Fall 2° C., während gewöhnlich 0,6° C. das Mittel ist.

I. Oestliche Alpen.		II. Nördliche Kalkalpen.		III. Central-Alpen.		IV. Westlicher Rand.		V. Südliche Alpen.	
Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.	Verglichene Punkte.	Erheb. für 1° C.
Klagenfurt-Obir II. 1349 4948	4500	Innsbruck[1])-Gries. 1769 3650	480	*Innsbruck[2])-Vent. 1769 5791	530	*Genf-St. Bernhard. 1253 7668	510	*Turin-Mont 857 6000	830
Klagenfurt-Obir III. 6281	760	Innsbruck[2])-Haller-Salzberg. 4528	620	Lienz-Innichen. 2314 3999	1400	Vevey-St. Bernhard. 1250	550	*Mailand-St. Gotthard. 431 6650	480
Obir I.-Obir II. 3770	540			*Lienz[3])-Heiligenblut. 4004	1400			*Mailand[4])-Sta. Maria. 7643	480
Obir II.-Obir III.	230			*Lienz-Fleufs. 8590	590			*Turin-St. Bernhard. 7668	560
Obir I.-Obir III. (Klagenfurt-Obir I.)	320			Heiligenblut-Fleufs.	480				
				*Klagenfurt-Fleufs. 1349	630				

1) Innsbruck wahres Mittel = 9,3.

2) Innsbruck 1848 u. 1849 = 8,9.

3) Die Sternchen bezeichnen die Berücksichtigung der geographischen Breite.

4) Zweite Reihe von Mailand = 12,9 C.

Die grofsen Unregelmäfsigkeiten in der Temperaturabnahme zwischen einzelnen Stationen sind hier bereits weit seltener; sie beschränken sich, wie wir sehen, vorzüglich auf die tieferen Stationen. Durchgehen wir auch hier die unterschiedenen Gruppen im Einzelnen, wobei nur die extremen Fälle einer Erläuterung bedürfen.

I. Oestliche Alpen. Sie umfassen die interessanten Stationen in der Nähe von Klagenfurt, welche so auffallend in ihren Resultaten auf eine entschiedene Ausnahme hinweisen. An der Zuverlässigkeit gerade dieser Beobachtungen ist um so weniger zu zweifeln, da Hr. Prettner, der dieselben leitete, selbst auf die anomale Erscheinung aufmerksam war, und mit aller Vorsicht durch wiederholtes Vergleichen der Instrumente und durch die sorgfältige Prüfung des Aufstellungsortes bemüht war, alle etwaigen unwesentlichen Störungen zu entfernen. — Der Berg Obir steht sehr isolirt und befindet sich drei Meilen südöstlich von Klagenfurt; die Beobachtungsorte liegen sämmtlich auf der Südseite und am *Abhange;* die oberste (Obir III.) findet sich nur 280 P. F. unter dem Gipfel [1]).

Der Einfluſs dieser örtlichen Verhältnisse wird sich bei der Betrachtung der Monatsmittel näher erklären; wir werden sehen, wie besonders durch Senkung kalter Luftmassen der Winter in Klagenfurt weit kälter wird. Für die Betrachtung der mittleren Temperaturen, welche uns jetzt beschäftigt, ist hervorzuheben, daſs Obir I. ebenso wie eine ähnliche Station am Radsberg sogar eine Zunahme gegen Klagenfurt, und Obir II. in einer relativen Höhe von 3600 P. F. noch eine sehr langsame Abnahme zeigt. — Obir I. und II., unter sich ganz vergleichbar in Betreff ihrer localen Verhältnisse, ergeben hingegen eine Abnahme der Temperatur, welche mit dem allgemeinen Mittel, das wir später kennen lernen werden, sehr gut übereinstimmt. — Zwischen Obir II. und III. findet die schnellste Abnahme statt. — Der Umstand, daſs gerade zwischen diesen

1) Vergl. J. Prettner in Haidinger's Berichten der naturforschenden Freunde. V. Band. März 1849. Seite 218.

beiden Orten die Masse des Berges so bedeutend abnimmt, hat darauf wohl den wesentlichsten Einfluſs.

Auch mehrere Stationen der folgenden Abtheilungen sprechen mit Entschiedenheit dafür, daſs die Höhen-Isothermen da am meisten sich zusammendrängen, wo die Massenabnahme des Gebirges am raschesten ist.

II. In den nördlichen Kalkalpen ist die Abnahme zwischen Innsbruck und dem Haller-Salzberg etwas langsamer, wahrscheinlich weil die geringere Winterkälte des letzten Ortes auch das Jahresmittel etwas erhöht.

III. Centralalpen. Einige Orte, die noch entschieden in Thälern liegen, z. B. Lienz-Heiligenblut, Lienz-Innichen, zeigen ungeachtet ihrer absoluten Höhe eine langsame Temperaturabnahme. Die schnellste Abnahme zwischen Heiligenblut und der Goldzeche fällt auch in dieser Gruppe mit dem Auftreten entschiedener Gipfelbildung zusammen [1]).

V. Südliche Alpen. Turin - St. Bernhard nähert sich sehr dem allgemeinen Mittel; die Vergleiche mit dem Mont Cenis und dem Gotthard geben etwas abweichende Resultate. Der Mont Cenis, der südlichste unter den höheren Beobachtungspunkten, liegt zugleich der ausgedehnten lombardischen Ebene sehr nahe; dieſs wird hinreichen seine verhältniſsmäſsig hohe Temperatur zu erklären.

Mittlere Erhebung für 1° C. Abnahme.

Versuchen wir nun den Mittelwerth für die Temperaturabnahme anzugeben. Ein arithmetisches Mittel aus sämmtlichen Zahlen, welche sich in der Spalte »Erhebung in P. F. für 1° C. Abnahme« in beiden Tabellen befinden, wäre werthlos, da dieſs Resultat beliebig vergröſsert werden könnte, wenn man die Thalstationen noch vielseitiger unter sich vergliche. Viel vortheilhafter ist es, auf jene Zahlen sich zu beschränken, welche aus dem Vergleich sehr hoher

1) Die Abnahme zwischen Sagritz und Heiligenblut scheint durch die Lage des ersteren Ortes an der Südseite eines Abhanges etwas verändert. Siehe unten: Monats-Isothermen. Ueberdieſs ist ihre verticale Distanz so gering, daſs sie nicht wohl verglichen werden können.

und sehr tiefer Punkte oder der höheren unter sich hergeleitet sind. Diese Daten weichen unter sich weniger ab, und verdienen also weit mehr, dafs in ihnen der Ausdruck eines allgemeinen Gesetzes gesucht werde. Da zugleich die höheren jener Punkte, an welchen fortgesetzte meteorologische Beobachtungen möglich sind, von den höchsten Gipfeln stets einen sehr merklichen Abstand haben, so dürften auch dadurch die Resultate aus den benutzten Punkten einem wahren Mittelwerthe um so mehr sich nähern.

Wir entnehmen demnach unsere Daten der letzten Tabelle, wobei Fälle mit entschiedenen localen Störungen ausgeschlossen sind. Das letztere ist unumgänglich nöthig, um allgemeine Resultate von blofsen Zufälligkeiten zu unterscheiden.

	Spalte.	No. [1]).	Erhebung für 1° C.	Abnahme.
1)	I.	3.	540 P. F.	
2)	II.	1.	480 » »	
3)	II.	2.	620 » »	
4)	III.	1.	530 » »	
5)	III.	4.	590 » »	
6)	III.	6.	480 » »	
7)	III.	7.	630 » »	
8)	IV.	1.	510 » »	
9)	IV.	2.	550 » »	
10)	V.	2.	480 » »	
11)	V.	3.	480 » »	
12)	V.	4.	560 » »	
		Mittel	540 P. F.	= 90 Toisen = 166 Meter.

Die Bedeutung dieses Mittelwerthes ist daher folgende: Wollen wir aus der mittleren Jahrestemperatur eines Ortes jene eines zweiten ableiten, so können wir diefs unter der Voraussetzung, dafs die nächste Höhen-Isotherme bei 1° C. Differenz um 540' in verticaler Richtung entfernt ist; allein diefs gilt mit einiger Genauigkeit nur für Orte, deren ver-

1) Die Nummern bezeichnen die Reihenfolge der verglichenen Orte in verticaler Richtung innerhalb der einzelnen Spalten.

ticaler Abstand grofs und deren Längen- und Breiten-Unterschiede nicht sehr bedeutend sind. — In den unteren Theilen der Thäler und in den Vorebenen ist die Möglichkeit der örtlichen Störungen so bedeutend, dafs über die Verhältnisse der Höhe und Temperatur in diesen Regionen nichts Bestimmtes festzustellen ist, im Allgemeinen ist die Abnahme besonders bei langsam ansteigendem Terrain viel allmäliger als in den übrigen höheren Theilen der Alpen; in den letzteren vermindert sich dagegen der Einfluſs der Längen- und Breiten-Unterschiede. Der Vergleich der höheren Stationen unter sich ergiebt im Allgemeinen eine etwas raschere Abnahme [1]); dasselbe scheint für die Temperaturverminderung bei Erhebung über den Boden in freier Atmosphäre der Fall zu seyn; der Quotient 540 P. F. [2]) kann als allgemeines Mittel bis in die Nähe der Baumgränze gelten, während für die höheren Gipfel die Temperaturen niederer sind.

Wir erhalten mit Berücksichtigung auch der höchsten Gipfel aus dem Mittel aller Abnahmen, die in der ausführlicheren Tabelle der Höhen-Isothermen (Seite 383) mitgetheilt sind

510 P. F. für die nördlichen Kalkalpen
510 P. F. für die Centralalpen,
530 P. F. für die Gruppe des Montblanc.

Die Gröfse der Erhebung für einen Grad Celsius Temperaturabnahme wurde schon früher vielfach untersucht, wobei gewöhnlich, wie es die Lage der Beobachtungspunkte nöthig macht, die oberen Stationen nicht durch die höchsten Gipfel, sondern durch etwas niedrigere Abhänge oder Kämme vertreten sind. — Die Resultate dieser Beobach-

1) Vergl. dieselbe Beobachtung von Saussure. Voyag. IV. §. 935.

2) Ich darf hier erinnern, dafs dieser WWerth aus Stationen in verschiedenen Theilen der Alpen erhalten ist; bei der Anwendung auf einzelne Gruppen und auf specielle Fälle, kann derselbe manche Modificationen erleiden. Die Bedeutung ähnlicher Mittel liegt überhaupt zunächst nicht nur darin, dafs sie eine Hülfe für approximative Schätzungen gewähren; sie dienen vielmehr dazu einen Vergleich verwandter Erscheinungen unter verschiedenen Erdstrichen zu erleichtern.

tungen sind in Humboldt's Asie centrale [1]), Kämtz's Meteorologie [2]) ferner von Mahlmann [3]) und ältere von Muncke zusammengestellt [4]). Die Untersuchungen umfassen zum Theile nur einzelne Jahreszeiten und nicht die Mittel des ganzen Jahres; wir wollen sie aber der Uebersicht wegen hier vereinen.

Es erhielten:

Saussure Alpen [5])	480	P. F.	Sommer.
	566	» »	Winter.
	520	» »	Mittel.
Horner Alpen (Rigi) [6])	470	» »	
Schouw Alpen [7])	540	» »	Jahr.
D'Aubuisson Alpen [8])	520	» »	
Delcros [9]) gemäfsigte Zone	468	» »	
Dalton [10]) Nordengland	408	» »	Sommer.
Graham [11]) London	533	» »	Juni 1824.
Gay-Lussac [12]) Paris	442	» »	16. Sep. 1804.
Schouw [13]) Aetna	432	» »	
Ramond [14]) Pyrenäen	450	» »	
Humboldt [15]) Cordilleren (Abhänge)	570	» »	
Humboldt [15]) Cordilleren. (Für die Hochebenen allein.)	678	» »	

1) Mahlmann's Ausgabe 2. S. 38.
2) II. S. 39.
3) Dove's Repertorium IV. S. 115.
4) Gehler's Wörterbuch III. S. 1016.
5) Gehler's phys. Wörterb. III. 1013, und Voy. §. 2226.?
6) Verhandlungen der Schweizer naturf. Ges. für 1828.
7) *Climat de l'Italie p.* 17. Jene Beobachtungen in einzelnen Alpentheilen, welche Thurmann S. 47 zusammengestellt, ergeben ebenfalls 540' im Mittel.
8) u. 9) In Humboldt's *Asie centrale II. p.* 138.
10) *Memoirs of the lit. and phil. Soc. of Manchester IV.* 104.
11) Erhöhung in einem Ballon bis 3610 Meter. D'Aubuisson *Traité de géogn.* 466.
12) In v. Humboldt's *Asie centrale.* Gay-Lussac erreichte eine Höhe von 7016 Meter. Barometer unten 0,762^{m}, Barometer oben 0,3288^{m}; Thermometer unten 30°7 C., Thermometer oben — 9,5° C. *Ann. de Chim. LII. Journ. de Phys. LXXI.* 35.
13) Pflanzengeographie.
14) *Mémoires sur la formule barom. p.* 109.
15) *Asie centr. II. p.* 138.

Höhen-Isothermen.

Die Untersuchung der Temperaturabnahme zwischen den einzelnen Stationen der Alpen setzt uns in den Stand einen Entwurf der Höhen-Isothermen für dieselben zu versuchen, indem wir die erhaltenen Abnahmen mit den absoluten Temperaturen der Beobachtungsstationen in verschiedenen Alpentheilen verbinden. — Da die unmittelbaren Temperaturen der einzelnen nur selten mit ganzen oder halben Graden der Celsius'schen Scale zusammenfallen, war es nothwendig, für diese Darstellung die absolute Höhe der betreffenden Isotherme zu berechnen; es wurde dabei der Abnahmequotient aus den zwei zunächst liegenden Orten benutzt.

Für die Zusammenstellung der Isothermen wurde ein idealer Durchschnitt der Alpen entworfen, der von Nordosten gehend die wesentlichsten Theile derselben berührt; allein es bleibt unvermeidlich von der wirklichen Lage der Beobachtungsorte östlich und westlich von der Durchschnittslinie theilweise abzuweichen, wenn wir sie zu einem gemeinschaftlichen Bilde vereinen wollen. (Siehe die graphische Darstellung auf Taf. IV.)

Diejenigen Stellen, an welchen der Durchschnitt die wichtigsten Aenderungen seiner Richtung erleidet, sind durch Verticalstriche als Axen bezeichnet und trennen zugleich die vorzüglichsten Gebirgsgruppen.

Die Isothermen sind von 2,5 zu 2,5° C. eingetragen; dabei wurde als Ausgangspunkt nicht 12°, sondern 12,5° C. = 10° R. gewählt, so dafs dieselben Linien als Isothermen für ganze Grade Réaumur von 2 zu 2 Grad fortschreitend gelten können. In der folgenden Zusammenstellung sind die Daten enthalten, welche der Construction selbst zu Grunde lagen.

Die Zahlen, welche neben den einzelnen Orten stehen, sind Höhen in Par. Fufs; sie beziehen sich aber nicht auf die absolute Höhe der Orte selbst, sondern auf die Lage der Isothermen, welche aus ihnen abgeleitet wurden.

Wir erhielten so für die einzelnen Linien folgende Ortsbestimmungen [1]):

13° C. Am Ufer des adriatischen und mittelländischen Meeres. Sie hebt sich bei *Görz* und an mehreren etwas erhöhten Punkten 200—400 Fufs über das Niveau des Meeres. (*Botzen* 1000'.)

12,5°. *Triest* 300', *Görz* 700', *Trient* 700', *Mailand* 300', *Turin* 400'. Im Innern der Alpen und in der nördlichen Ebene kommt diese Isotherme nicht mehr vor, theils weil die Beobachtungspunkte an der Letzteren eine gröfsere absolute Höhe haben, theils wegen der Zunahme der Breite. (*Agordo* 1900'.)

10°. Sie ist vorzüglich auf der Nordseite der Alpen vertreten. *Gratz* 700', *Wien* 900'. Oestlich davon kömmt sie erst weiter im Süden vor. *Klagenfurt* 200', *Radsberg* 900', (*Obir I.* 3000'). *Andechs* 1700', *Innsbruck* 1800', *Zürich* 700', *Lenzburg* 1100', *Chur* 1600', *St. Gallen* 1300', *Lausanne* 1300', *Ouchy* 1200', *Genf* 2000', *Chambéry* 1200', *Mont Cenis* 2300', (*Tolmezzo* 900'; ihr niedrigster Stand im Süden wahrscheinlich für diesen speciellen Fall durch die Regenmenge bedingt).

7,5°. *München* 1700', *Benediktbeuern* 2000', *Tegernsee* 2000', *Kitzbüchel* 2600', *Mittenwald* 3000', *Peis-*

1) Die in Klammern gesetzten Orte und Zahlen sind die extremsten Höhen, in welchem die betreffende Isotherme noch vorkommt; sie können als ihre oberen und unteren Gränzen angesehen werden. Sollten sie in der graphischen Darstellung berücksichtigt werden, so müfste sich eine Isotherme spalten und einen geschlossenen Raum umfassen; allein da es unvermeidlich wäre, dadurch in das allgemeine Bild eine Verwirrung zu bringen, wird es genügen, hier darauf hinzuweisen. Diese bedeutenden Abweichungen entstehen vorzüglich durch die Lage der Orte an besonnten Abhängen; sie werden dadurch gesteigert, dafs in vielen Fällen im Sommer der aufsteigende Luftstrom aus einem nahen Thalboden sie erreicht, dafs im Winter die kalte Luft sich senkt, diese Orte also nur theilweise berührt, während sie in den Thälern sich mehr ansammelt.

senberg 2500', *Klagenfurt* 1200', *Radsberg* 2200', (*Obir I.* 4200',) *Heiligenblut* 2000', *Zürich* 2100', *Bern* 2000', *Freiburg* 1900', *Mont Cenis* 4000'.

5°. *Innsbruck* 3700', *Hallersalzberg* 4100', *Gries* 3800', (*Obir II.* 5200',) *Heiligenblut* 3950', *Innichen* 3900', *Mont Cenis* 5700'.

2,5°. *Hallersalzberg* 5600', (*Obir III.* 5800'), *Gries* 5100', *Heiligenblut* 5200', *Vent* 5200', *Sancta Maria* 5100', *St. Gotthard* 5000', *St. Bernhard* 5800'.

0°. *Gries* 6300', Obir III. 6400', Fleuss Goldzeche 6400', Vent 6500', Sancta Maria 6300', *St Gotthard* 6200', *St. Bernhard* 7100'.

2,5°. *Obir III.* 7100', *Fleuss* 7650', *Vent* 7700', *Sta. Maria* 7550', *St. Gotthard* 7400', *St. Bernhard* 8400'.

5. *Fleuss* 8650', *Vent* 8900', *Sta. Maria* 8800', *St. Gotthard* 8500', *St. Bernhard* 9700'.

7,5. *Fleuss* 9900', *Vent* 10100', *Sta. Maria* 10100', *St. Bernhard* 11000'.

10. *Fleuss* 11300', *Vent* 11,300', *Sta. Maria* (Ortles) 11300', *St. Bernhard* (Mont Blanc) 12200'.

12,5. *Fleuss* 12600', *Vent* 12600', *Sta. Maria* (Ortles) 12600', *St. Bernhard* (Mont Blanc) 13400'.

15. Ist wohl als Minimum des Jahresmittel anzusehen, was auf Alpengipfeln vorkommen kann. Die mittlere Jahrestemperatur dürfte für den Gipfel des Mont Blanc 14700 — 14° bis — 15° betragen.

Die graphische Darstellung der Isothermen läfst die wichtigsten Modificationen der Temperaturabnahme mit der Höhe überblicken. (Siehe Taf. IV.) Wir können dieselben in wenigen Sätzen zusammenfassen:

1) Die gröfsten Unregelmäfsigkeiten, die bedeutendsten localen Inflexionen der Isothermen, finden in den unteren Regionen statt.

2) Im Allgemeinen ist ein entschiedenes Fallen der Isothermen von Süden nach Norden auch in den Alpenstationen deutlich bemerkbar. In der Mitte der gröfseren Gruppe tritt eine Convexität der Linien ein, während in den kleineren Gruppen und am Rande des

Gebirges eine Senkung derselben stattfindet. Jedoch ist diese Convexität für die Temperatur der Luft nicht so bedeutend, als bei jener des Bodens [1]), da die letztere viel directer mit der Massenhaftigkeit des Gebirges, mit Wärmebindung und Ausstrahlung des Gesteines zusammenhängt, während in der Atmosphäre solche Differenzen durch ihre Beweglichkeit mehr ausgeglichen werden. Es ist diese Erhebung der Isothermen in der Mitte einer Gebirgsgruppe analog, der Temperaturerniedrigung, welche man auch an den Rändern eines Plateaus bemerkt [2]). Nur in der Nähe der Ebenen wird die Senkung für die Punkte von mäfsiger relativer Höhe durch den aufsteigenden Luftstrom sehr vermindert, was sich am Peissenberg und an der südlichen Ebene so deutlich erkennen läfst, besonders wenn man die Temperaturen der Winter- und Sommer-Monate im Einzelnen berücksichtigt.

3) Die verticalen Abstände von je zwei Isothermen sind in der Nähe der Basis der Alpen mit Ausschlufs localer Schwankungen am gröfsten, erreichen weiter oben ein Minimum und nehmen von da wieder etwas zu; die Lage des Minimums ergab sich aus dem wiederholten Vergleiche der tieferen mit den höheren Stationen, und der höheren unter sich. Dasselbe fällt für die nördlichen Voralpen und die Gruppe des St. Gotthard in die Nähe von 6000 P. F.; für die Centralalpen 7000', in der Gruppe des Mont Blanc scheint es sogar noch höher zu liegen.

Die Stellungen desselben sind auf der Tafel der Isothermen durch verticale Klammern angegeben, neben welchen »Min.« geschrieben steht. Diese Lage zeigt, dafs das Minimum mit der Höhe des Gebirges hinaufrückt, ein Phänomen, welches damit übereinstimmt, dafs auch der Punkt,

1) Siehe über die Isogeothermen der Alpen von Adolph Schlagintweit. Pogg. Ann. Bd. 77, S. 305—356.

2) Alexander von Humboldt hat diefs zuerst an der Hochebene von Quinto nachgewiesen.

bei welchem ein Gebirge durch Auftreten von Gipfeln an der Stelle von Plateaux und Thälern die schnellste Abnahme der Masse zeigt, mit der allgemeinen Höhe des Gebirges hinaufrückt. Ein näheres Zusammenfallen beider Punkte scheint mehr bei der Temperatur des Bodens als bei jener der Luft einzutreten; für die letztere liegt nämlich der Punkt der raschen Abnahme etwas höher; es scheint, dafs die Erwärmung in der Nähe durch aufsteigende Ströme noch eine Zeit lang nach oben fortwirkt, während die Massenveränderung des Gebirges bereits eingetreten ist.

Die beigefügte Tafel bietet zugleich eine Uebersicht über die Vertheilung der absoluten Wärme in verschiedenen Theilen der Alpen, indem die Curven von Nordosten nach Südwesten, d. i. in der Richtung des Durchschnittes von links nach rechts merklich steigen. Der speciellere Einfluss der massenhafteren Gruppen auf die Temperatur-Erhöhung tritt besonders hervor, wenn man die Formen vom Nordrande durch das Gebiet der Centralalpen bis zu den kleineren Gruppen verfolgt, welche an ihrer südwestlichen Gränze durch den St. Gotthard und ähnliche vertreten sind, und die ersteren von den mächtigen Gruppen des Mont Blanc und Mont Rosa trennen. In diesen hingegen vereint sich die Lage im Südwesten mit der Massenhaftigkeit der Erhebung, am Rande auch mit dem erwärmenden Einflusse des nahen italienischen Klimas hier das gröfste Steigen der Isothermen hevorzubringen.

Als Ergänzung der Isothermentafel enthält die folgende Tabelle eine Zusammenstellung von Ablesungen von 1 zu 1° C., deren Werthe aus einem gröfseren Entwurfe durch graphische Interpolation gefunden wurden.

Tabelle der Höhen-Isothermen.

Isotherme.	Ebene am Nordrande und kleinere Erhebungen.		Central-Alpen.		Gruppe des Montblanc.		Ebene am Südrande und kleinere Erhebungen.		Isotherme.
	Höhe in Par. Fuſs.	Differenz	Höhe in Par. Fuſs.	Differenz	Höhe in Par. Fuſs.	Differenz	Höhe in Par. Fuſs.	Differenz	
+ 13	—		—		—		0		+ 13
12	—		—		400	660	760	760	12
11	—		—		1060	600	1500	740	11
10	900	600	1100	600	1660	»	2200	700	10
9	1500	»	1700	»	2260	»	2900	»	9
8	2100	»	2300	»	2860	550	3500	600	8
7	2700	550	2900	550	3410	»	4100	»	7
6	3250	500	3450	»	3960	540	4700	»	6
5	3750	490	4000	490	4500	»	5300	»	5
4	4240	»	4490	480	5040	»	5900		4
3	4730	470	4970	»	5580	»			3
2	5200	450	5450	»	6120	»			2
1	5650	»	5930	470	6660	»			1
0	6100	460	6400	»	7200	530			0
— 1	6560	480	6870	450	7730	520			— 1
2	7040	500	7320	»	8250	500			2
3	7540	»	7770	460	8750	»			3
4	8040	510	8230	470	9250	»			4
5	8550	»	8700	500	9750	490			5
6	9060		9200	»	10240	»			6
7			9700	»	10730	»			7
8			10200	»	11220	»			8
9			10700	510	11710	»			9
10			11210	»	12200	500			10
11			11720	520	12700	»			11
12			12240	»	13200	»			12
13			12760	»	13700	»			13
14			13280		14200	»			14
15					14700				15

Bemerkungen über die monatlichen Mittel und das Clima im Allgemeinen[1]).

Unter den einzelnen Monaten ist im Allgemeinen der Januar der kälteste, der Juli der wärmste; in gröfseren Höhen erleidet jedoch die Vertheilung der Temperatur eine Veränderung in der Art, dafs die Maxima der Kälte und der Wärme etwas später fallen; es wird der Februar dem Januar, der August dem Juli weit ähnlicher als in den tieferen Lagen.

In den einzelnen Monaten läfst sich der Einfluſs der örtlichen Lagen besonders erkennen. Um denselben näher zu untersuchen, wurde die Temperatur jedes Monates für verschiedene Höhen berechnet, und dabei die vorhandenen Stationen in drei Kategorien gebracht; die erste enthielt das allgemeine Mittel, die zweite Orte von entschiedener Lage in Thälern oder Gebirgskesseln, die dritte Orte, welche auf der besonnten Seite von Abhängen liegen. Es trat dadurch hervor, dafs die Thäler im Winter kälter, im Sommer wärmer als das Mittel sind, im Jahre also ein etwas extremeres Klima besitzen. Die mittlere Temperatur des Jahres wird dabei nur wenig verändert, da die Differenzen nach beiden Extremen eintreten. Die Abhänge sind im Winter durch Senkung der kalten Luftmassen, die sich in den Thälern anhäufen, wärmer als das Mittel; im Sommer sind sie etwas kälter als die Mittel und besonders als die Stationen in den Thalbecken. An den letzteren wird die Temperatur bedeutend erhöht, indem von verschiedenen Seiten besonnte Steinmassen Wärme ausstrahlen, und zugleich der Austausch der erwärmten Luftmasse mit der freien Atmosphäre vielfach gehindert ist[2]). Auf freien Abhängen oder

1) Wie schon am Eingange erwähnt, sind in diesen Bemerkungen über die monatlichen Mittel etc. nicht die Einzelnheiten der Untersuchung, sondern nur die allgemeinen Resultate enthalten.

2) In sehr engen Schluchten, welche der directen Besonnung fast gänzlich entzogen sind, findet natürlich die den gewöhnlichen Thälern eigenthüm-

oder Gipfeln fehlt hingegen diese seitliche Wärmequelle und zugleich werden die an ihrer eigenen Oberfläche erwärmten Luftschichten weit leichter von seitlichen Luftströmen fortgeführt, an den Abhängen wird die Temperatur bisweilen durch die relative Höhe des Beobachtungspunktes über der Thalsole verändert. Ist die verticale Entfernung des Beobachtungspunktes von der nächsten Thalsohle so gering, dafs der aufsteigende Luftstrom den ersteren noch zu erreichen und zu erwärmen vermag, so werden solche Abhänge im Sommer wärmer als das allgemeine Mittel, bleiben aber noch immer kälter als die Stationen in geschlossenen Thälern. Abhänge, welche vom aufsteigenden Luftstrome im Sommer erreicht werden, sind daher in der Jahrestemperatur etwas wärmer, jedoch sind solche Fälle, wie die Temperaturtafeln zeigen, selten und stets als Ausnahmen zu betrachten.

Die Abnahme der Temperatur ist im Sommer rascher als im Winter. Es fallen z. B. zwischen 0 und 12000 P. F.
Im Januar 17 Isothermen; Erhebung für 1° C. = 710'.
Im Juli 27,5 Isothermen; Erhebung für 1° C. = 440',
es wird dieser Unterschied zumeist dadurch hervorgebracht, dafs in den tieferen Theilen die Wärmedifferenzen zwischen den einzelnen Monaten gröfser sind, als in den höheren. So ist die Temperatur

bei 10100 P. F.
im Januar	= 15° C.
im Juli	= 0
Differenz	15° C.

bei 0 P. F.
im Januar	= 0
im Juli	= 21,5° C.
Differenz	21,5° C.

Eine sehr interessante Erscheinung ist die gegenseitige Entfernung der Monats-Isotherme von 0° und der Schnee-

liche Temperaturerhöhung der Sommermonate nicht statt. Solche Schluchten sind im Gegentheile zu kalt, was auch häufig durch locale Ansammlung von Schnee und Eis in sehr geringen Höhen sich bemerkbar macht.

gränze in den *einzelnen Monaten*. Im Januar fallen sie für die Basis der Alpen sehr nahe zusammen. Von nun an bewegt sich die Isotherme von 0° bis zum Juli und August rascher nach aufwärts, von dieser Zeit bis Januar rascher nach abwärts als die Schneegränze; es fällt daher in der ersten Periode die *monatliche* Schneegränze immer mit Isothermen zusammen, die wärmer als 0° sind, im Juli liegt sie sogar relativ am tiefsten, nämlich unter der Isotherme von + 5°.

Die Schneegränze im gewöhnlichen Sinne, wobei ihre höchste Sommerlage verstanden ist und nicht das Mittel aus ihrer Höhe in einzelnen Monaten, fällt in die Nähe der Jahres-Isotherme von — 4° C.

In Beziehung auf die absoluten Extreme einzelner Tage scheinen die länger fortgesetzten Beobachtungen der tieferen Stationen zu zeigen, dafs auch in diesen Minima eintreten, welche von denen der höchsten Alpentheilen gewifs nur wenig übertroffen werden. (Z. B. Innsbruck — 31,2; Bern — 30,0; St. Gotthard — 30,0; St. Bernhard — 32,2 [1]). Bei den Extremen der Wärme aber ist die Differenz sehr bedeutend, indem auf dem St. Gotthard 19,4, dem St. Bernhard 19,7 das absolute Maximum ist, während es in Bern 36,2, in Innsbruck 37,5 beträgt. Für die höchsten Gipfel ist es noch ungleich geringer; alle bisherigen Beobachtungen machen es sehr wahrscheinlich, dafs es dort in Höhen von 12000 bis 14000 Fufs 5 bis 6° C. kaum übertreffen werde.

Es bleibt nun noch übrig, die Temperatur der höchsten Alpengipfel mit den Jahresmitteln ähnlicher Gröfse an Orten zu vergleichen, denen diese Temperatur nicht wegen ihrer verticalen Erhebung, sondern wegen ihrer hohen Breite zukommt. Es entsprechen die höchsten Alpengipfel einer Breite von beinahe 70° N. Allein auch in den Stationen

1) Vergleiche Schouw *Climat de l'Italie* und Mahlmann in Dove's *Repert. IV.*

der Polarländer lassen sich für die jährliche Vertheilung der Temperatur zwei Gruppen unterscheiden, je nach der östlichen und westlichen Lage.

Nordasien besitzt ein extremes Klima mit sehr kalten Wintern und heifsen Sommern, während im nördlichen Amerika die Winter etwas extrem, die Sommer aber mehr constant sind [1]). Mit den letzteren stimmen die höheren Stationen der Alpen, besonders wenn sie auf den Gipfeln liegen, im Sommer am meisten überein, im Winter hingegen sind sie etwas weniger kalt, so dafs das Alpenklima bei gleichen mittleren Temperaturen (von der Höhe abhängig) noch etwas constanter ist, als jenes des polaren Amerika.

III. *Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XXX. p.* 203.) [2])

Wie bekannt ist die freie Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit, bei hinreichender Ausdehnung, eben und horizontal, ausgenommen an den Rändern; aber man weifs auch, dafs diese ebene und horizontale Gestalt die Wir-

1) Vergleiche Dove Temperaturtafeln 1848 S. 92 und Berichte der Berliner Akademie 1842 S. 306, wo aus zehntägigen Mitteln zuerst nachgewiesen wurde: »dafs Amerika im Sommer nicht dem Continentalklima angehört, sondern vielmehr die charakteristischen Zeichen des Seeklimas an sich trägt.«

2) Ein vom Hrn. Verf. selbst gemachter Auszug aus der ausführlichen Abhandlung im *T. XXIII* der *Mém. de l'acad. de Bruxelles*. Auf Wunsch Desselben theilen wir diesen Auszug hier mit, da uns die Aufnahme der vollständigen Abhandlung wegen ihres Umfangs (150 Quartseiten) doch in längerer Zeit nicht verstattet seyn würde. P.

kung der Schwere ist, und dafs die freie Oberfläche, innerhalb enger Gränzen, sehr verschiedene Gestalten annehmen kann, weil dann die Wirkung der Schwerkraft vergleichbar wird mit der der Molecular-Attractionen. So die Ränder einer ausgedehnten Flüssigkeitsoberfläche, so ferner die kleine Oberfläche einer Flüssigkeitssäule in einem Haarröhrchen, die eines an einem starren Körper hängenden Tropfens, die eines Quecksilberkügelchens u. s. w. Hiernach begreift man, dafs wenn die Flüssigkeiten keine Schwere besäfsen, ihre Oberfläche im Zustande der Ruhe, bei jeglicher Erstreckung eine ganz andere Gestalt als die ebene und horizontale annehmen könnte.

Dahin gelangt man auch durch den Calcul. In der That sucht man nach den Grundsätzen der Capillarwirkung, welche Bedingung die allgemeine sey, die die freie Oberfläche einer flüssigen Masse, unter Voraussetzung einer Nullität der Schwerkraft, zu erfüllen habe, so erhält man als Ausdruck dieser allgemeinen Bedingung die Formel:

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} = C$$

worin R und R' den gröfsten und kleinsten Krümmungshalbmesser der Oberfläche in einem und demselben Punkt bezeichnen, und C eine Constante ist, die positiv, negativ oder Null seyn kann. Diese Gleichung, welche einfach ausdrückt, dafs die Summe der beiden Hauptkrümmungen dieselbe sey in allen Punkten der Oberfläche, repräsentirt offenbar eine Unendlichkeit verschiedener Oberflächen. Man sieht z. B. sogleich, dafs sie die Kugel einschliefst, weil bei dieser alle Krümmungshalbmesser gleich sind; man sieht ferner, dafs sie den Umdrehungscylinder umfafst, weil bei demselben R oder der Radius des Cylinders constant, und R' überall unendlich ist, wodurch sich das zweite Glied annullirt; sie begreift auch die Ebene, da für sie R und R' beide unendlich sind, aber nichts deutet die Richtung dieser Ebene an, die also horizontal, vertical oder irgend wie geneigt seyn kann.

Nun wissen die Physiker, wie ich glaube, dafs ich in

einer ersten, vor einigen Jahren veröffentlichten Abhandlung [1]), ein Verfahren angegeben habe, welches die Wirkung der Schwere auf eine flüssige Masse von beträchtlichem Volum zu vernichten erlaubt, und dabei dieser Masse volle Freiheit läfst, die von anderen, auf sie einwirkenden Kräfte geforderte Gestalt anzunehmen. Diefs Verfahren um hier daran zu erinnern, besteht darin, dafs man eine Masse Olivenöl in ein Gemisch aus Alkohol und Wasser von genau derselben Dichtigkeit bringt. Das Oel bleibt dann in diesem Gemische schweben und verhält sich so, wie wenn es unschwer wäre. Auf diese Weise kann man sich den sonderbaren Anblick der Verwirklichung aller Gleichgewichtsfiguren verschaffen, die eine flüssige Masse ohne Schwere im Zustande der Ruhe anzunehmen vermag.

Bemerken wir hier zuvor, dafs das die alkoholische Mischung und die Oelmasse einschliefsende Gefäfs aus Glasplatten, die in ein metallenes Rahmwerk eingelassen sind, gebildet seyn mufs, damit man die entstandenen Gleichgewichtsfiguren durch die ebenen Wände hin in ihrer wahren Gestalt erblicke. Gehen wir nun zu den Figuren selbst über.

Will man z. B. eine Kugel erhalten, so braucht man nur die Oelmasse sich frei selber zu überlassen; sie nimmt dann genau die Kugelgestalt an, und es gelingt somit ohne Mühe eine vollkommen flüssige Kugel von einem Decimeter im Durchmesser zu erhalten.

Um einen Cylinder hervorzubringen, bringt man zunächst in der Flüssigkeit zwei dünne Eisenscheibchen von

1) *Mém. sur les phénomènes que présent une masse liquide libre et soustraite à l'action de la pésanteur.* (*Mém. de l'acad. de Bruxell. T. XVI.* — Annal. Ergänzbd. II. S. 249.) Diese frühere Abhandlung ist, obwohl sie im Titel etwas abweicht von der gegenwärtigen, als die erste Reihe dieser Untersuchungen anzusehen. Sie ist fast rein experimentell und darf nur unter diesem Gesichtspunkt betrachtet werden. Zur Zeit, da ich sie schrieb, hatte ich die Theorie der Capillarwirkung noch nicht hinreichend studirt und sie enthält daher in dieser Beziehung einige kleine Irrthümer. Ueberdiefs habe ich mich zu Vergleichungen mit astronomischen Thatsachen verleiten lassen, die nur in zufälligen Beziehungen zu den Resultaten meiner Versuche stehen.

gleichem Durchmesser in gewissem Abstande von einander als die Basen eines geraden Cylinders an. Dann läfst man an die einander zugewandten Seiten dieser Scheiben eine, im Volum den zwischen diesen Scheiben zu bildenden Cylinder übertreffende, Oelmasse haften, und nimmt entweder den Ueberschufs mit einem kleinen Glasheber fort, oder vergröfsert langsam den Abstand beider Scheiben, bis man die Cylinderform erreicht hat. Man kann dabei die Scheiben durch blofse Ringe von Eisendraht ersetzen. Auf diese Weise habe ich vollkommen flüssige Cylinder von 7 Centimeter im Durchmesser und 14 in Länge dargestellt.

Will man eine von ebenen Flächen begränzte flüssige Figur, z. B. ein bis auf die Kanten ganz flüssiges Polyëder, bilden? Dann hängt man ein den Kanten des Polyëders nachgebildetes Gerüst von Eisendraht in dem Gefäfse auf, läfst daran eine an Volum das Polyëder etwas übertreffende Oelmasse haften, und nimmt, wie vorhin, den Ueberschufs der Flüssigkeit fort, bis die Flächen des Polyëders vollkommen eben geworden sind. Ich habe auf diese Weise einen Würfel, verschiedene Prismen u. s. w. dargestellt. Die Kanten des Würfels hatten eine Länge von 7 Centimeter.

Diese Versuche sind sehr einfach. Indefs, damit sie leicht und vollständig gelingen, hat man zwei störende Ursachen zu entfernen, welche die Gleichheit in der Dichte des alkoholischen Gemisches und des Oeles beeinträchtigen, nämlich eine geringe chemische Action zwischen diesen Flüssigkeiten und Veränderungen der Temperatur. In meinen beiden Abhandlungen findet man alle Einzelheiten im Betreff dieses Gegenstandes, so wie die Apparate und Handgriffe.

Mit Ausnahme der Kugel erfordern alle eben besprochenen Figuren zu ihrer Darstellung die Anwendung eines soliden Systems, woran die Oelmasse haftet. Diese Systeme haben den Zweck, die Oberfläche der flüssigen Figur zum Durchgang durch gewisse Umrisse zu nöthigen. Die Ober-

fläche des Cylinders z. B. stüzt sich gegen die Umfänge zweier Scheiben; allein jenseits eines ungemein kleinen Abstandes von diesen Umfängen, wo die anziehende Wirkung des Solidums aufhört, unterliegt die freie Oberfläche der Masse allein der oben angegebenen allgemeinen Bedingung, so dafs die Figur mit zu denjenigen gehören mufs, welche derselben Bedingung genügen.

Nur ergiebt sich daraus, da die freie Oberfläche an jenen Umrissen aufhört, dafs die flüssige Figur nicht vollständig sey, und dafs man die Oberfläche, um sie in ihrer Gesammtheit zu betrachten, sich über dieselben Umrisse hinaus verlängert denken müsse. In der That dehnt sich, mathematisch betrachtet, eine Cylinderfläche im Sinne der Axe ins Unendliche aus, und mithin stellt meine Cylinderfläche nur ein Stück dieser vollständigen Figur dar. Ebenso ist, unter mathematischem Gesichtspunkt, eine Ebene unbegränzt, und folglich sind die Flächen meiner flüssigen Polyëder nur Stücke der vollständigen Flächen, denen sie angehören.

Nun begreift sich, dafs man durch Abänderung in der Gestalt und Anordnung der soliden Systeme so viele verschiedenartige Gleichgewichtsfiguren darstellen kann als man will; nur hat man blofs begränzte Stücke von denselben, sey es weil alle diese Figuren, in ihrer Ganzheit, unendliche Dimensionen in einer oder mehreren Richtungen haben, wie der Cylinder und die Ebene, oder aus anderen Gründen, die ich im dritten Theile meiner Arbeit zu untersuchen gedenke.

Bevor ich weiter gehe, will ich einige Beobachtungen entwickeln, welche die ganze Tragweite der Resultate meiner Untersuchungen begreiflich machen werden.

Zu Anfang dieser Analyse sagte ich, dafs die allgemeine Bedingung zu einer freien Oberfläche der flüssigen Masse aus den Principien der Theorie der Capillar-Attraction hervorgehe. In der That, die Kräfte, die in meinen Versuchen die Form dieser Oberfläche bedingen, bestehen in der Molecular-Attraction der Flüssigkeit auf sich selbst und in

der zwischen ihr und dem Solidum. Nun sind es auch diese Kräfte, welche die Krümmung der capillaren Flächen erzeugen; nur combinirt sich eine fremde Kraft, die Schwerkraft, mit den beiden anderen zur Bestimmung der Gestalt dieser Flächen, und, wie ich gleichfalls schon gesagt habe, verstattet sie die Bildung dieser Flächen nur in sehr kleinen Dimensionen. Aus allem diesen folgt, dafs meine Versuche Phänomene von gleicher Natur wie die, welche man eben wegen ihrer Kleinheit *capillare* genannt hat, in grofsem Maafsstabe verwirklichen.

Zweitens haben die Mathematiker bekanntlich, in Function der Haupt-Krümmungshalbmesser R und R' und anderer Gröfsen, für die Capillar-Oberflächen Gleichungen gefunden, die, wenn man darin die Bedingung einführt, dafs die Schwerkraft Null sey, sich nothwendig auf die meiner Gleichgewichtsfiguren reduciren. Man weifs auch, dafs man dieselben Gleichungen, um sie zu deuten, unter die Differentialform bringen, nämlich R und R' durch ihre allgemeinen Werthe ersetzen mufs, dafs sie aber nur annäherungsweise integrirt werden können. Aus dieser Unmöglichkeit der Integration und aus der Kleinheit der Oberflächen, welche die Ausführung genauer Messungen sehr schwierig macht, geht hervor, dafs die Theorie der Capillarwirkung, was die Form der Oberflächen betrifft, fast ohne experimentelle Bestätigung geblieben ist, aufser der, die sich aus dem blofsen Anblick der Phänomene ergiebt. Wenn nun die Wirkung der Schwere neutralisirt ist, und man also nur noch die verschiedenen Fälle der Gleichung $\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} = C$ zu betrachten hat, so sind, wie man aus den beigebrachten Beispielen ersehen hat, mehrere Flächen scharf ausgeprägt, ohne dafs man nöthig hat, die Form der Gleichung zu ändern; überdiefs kann man diese Gleichung, unter die Differentialform gebracht, auch in mehreren anderen Fällen integriren und somit neue Flächen streng erkennen; endlich lassen sich die Flächen in grofsen Dimensionen darstellen und somit einer genauen Messung unterwerfen. Man sieht also, dafs

meine Verfahrungsarten eine zahlreiche Reihe unerwarteter und genauer Prüfungen der Capillartheorie gestatten.

Drittens haben mehre Mathematiker sich mit den Flächen beschäftigt, deren mittlere Krümmung constant ist. Nun findet sich, dafs die Gleichung meiner Gleichgewichtsfiguren zusammenfällt mit der dieser Flächen. Die Flächen also, welche die Eigenschaft besitzen, dafs die mittlere Krümmung überall dieselbe ist, sind auch die der Gleichgewichtsfiguren, die eine flüssige Masse ohne Schwere und bei Ruhe annimmt. Sie gehören also nicht mehr blofs dem Gebiete der reinen Mathematik an, sondern werden durch meine Methoden, wenigstens theilweise, physisch realisirbar.

Viertens endlich gestatten meine Resultate zahlreiche Anwendungen. Sie führen z. B. zur vollständigen Theorie gewisser Phänomene, deren Zusammenhang mit der Capillarwirkung bisher nicht erkannt wurde, und die daher unerklärt oder ohne genügende Erklärung blieben. In meiner jetzigen Abhandlung entwickle ich eine wichtige Anwendung dieser Art und die übrigen werde ich in den folgenden Reihen meiner Arbeit kennen lehren. Die summarische Auseinandersetzung der besagten Anwendung bildet den letzten Theil dieser Analyse.

Ich schreite nun zur Untersuchung der besonderen Thatsachen, unter welchen ich hier nur die merkwürdigsten anführen will.

Erstlich, wenn man nach Bildung eines flüssigen Polyëders (siehe oben), die Spitze des kleinen Hebers in die Mitte einer Fläche dieses Polyëders steckt und langsam etwas Oel fortnimmt, so sieht man alle Flächen der Figur sich zugleich aushöhlen, ohne dafs darum das Oel von den Drähten des Gerüstes abläfst; und wenn man mit dieser Operation fortfährt, so reducirt sich endlich die Figur auf ein System von dünnen regelmäfsig geordneten flüssigen Blättern, deren jedes an einem der soliden Drähte endigt; zuweilen zeigt sich darin noch zusätzlich ein neues Blättchen. Der Würfel z. B. giebt auf diese Weise ein System von zwölf ebenen Blättchen, die von den soliden Kanten aus-

gehen und alle mit einer rechteckigen, in der Mitte befindlichen, Lamelle verknüpft sind.

Zweitens habe ich gesagt, dafs man, zur Bildung eines flüssigen Cylinders, die Scheiben durch bloſse Drahtringe ersetzen kann. In diesem Fall sind die Grundflächen des Cylinders nothwendig auch flüssige Flächen, allein dieselben sind nicht eben, sondern sphärisch gewölbt. Ich zeige nun, dafs dieses Resultat mit der Theorie übereinstimmt und überdieſs beweise ich, gleichfalls theoretisch, dafs der Radius der Kugeln, zu welchen die erwähnten Kuppen gehören, doppelt so groſs wie der des Cylinders ist. Hiernach kann man, wenn der Radius des erzeugten Cylinders bekannt ist, durch Rechnung die Höhe dieser Kuppen finden, und, da sich dieselben auch direct mittelst eines Kathetometers messen lassen, eine numerische Bestätigung der Theorie erhalten. Ich unternahm diese Bestätigung bei einem Cylinder von $35^{mm},7$ Radius; der Rechnung nach, mit Anbringung einer kleinen Berichtigung dafür, dafs dieselbe die Drähte der Ringe als unendlich dünn ansieht, war die Höhe der Kuppen gleich $9^{mm},41$ und die Messung mittelst des Kathetometers gab bei einem ersten Versuch $9^{mm},50$ und bei einem zweiten $9^{mm},61$. Ohne Zweifel würden diese schon kleinen Verschiedenheiten zwischen dem experimentellen und theoretischen Werthen verschwunden seyn, wenn man noch sorgfältiger den Einfluſs störender Ursachen vermieden hätte.

Drittens habe ich gesagt, dafs ich Cylinder von 7 Centimeter Durchmesser und etwa 14 Höhe bildete. Die Dimensionen meines Gefäſses erlaubten nicht diese Höhe zu überschreiten. Da ich aber den Wunsch hegte, Cylinder von noch beträchtlicherem Verhältniſs zwischen Dicke und Höhe hervorzubringen, so wandte ich kleinere Scheiben an und beobachtete nun folgendes.

Der flüssige Cylinder behält seine Form unendlich lange, wenn das Verhältniſs zwischen Länge und Durchmesser nicht über eine gewisse Gränze, die zwischen den Zahlen 3 und 3,6 liegt, hinaus geht. Man kann sogar, mittelst

eines kleinen eigenthümlichen Handgriffs, einen Cylinder bilden, bei dem dieſs Verhältniſs gleich 3,6 ist; aber dieser Cylinder hält sich nicht, man sieht ihn, nach einigen Augenblicken, an einem Theil seiner Länge sich verdünnen und an einem anderen anschwellen. Die Einschnürung und die Aufblähung nehmen immer mehr zu, und endlich zerfällt die Masse in zwei Portionen. Ueber das Verhältniſs 3,6 hinaus wird es unmöglich durch diese Processe eine Cylindergestalt zu erhalten; immer erfolgt, ehe man diese Gestalt erreicht, ein freiwilliges Zerfallen derselben.

Da nun der Cylinder nothwendig eine Gleichgewichtsfigur ist, welches Verhältniſs auch zwischen seiner Höhe und seinem Durchmesser bestehen möge, so muſs man aus obigen Thatsachen schlieſsen, daſs, wenn dieſs Verhältniſs eine gewisse zwischen den Zahlen 3,0 und 3,6 liegende Gränze überschreitet, das Gleichgewicht des Cylinders ein instabiles sey.

Durch andere Mittel ist es mir geglückt, flüssige Cylinder von sehr bedeutender Länge gegen ihren Durchmesser hervorzubringen und ich habe dabei erkannt, daſs ein solcher Cylinder, sich selbst überlassen, freiwillig in eine Reihe isolirter, gleich groſser Kugeln zerfällt, die mit ihren Mittelpunkten auf der die Cylinderaxe bildenden Geraden in gleichen Abständen liegen und in ihren Zwischenräumen Kügelchen von verschiedenem Durchmesser, ebenfalls nach dieser Axe geordnet, einschlieſsen.

Eins der erwähnten Mittel ist wesentlich folgendes. Auf die Oberfläche einer horizontalen Platte von Spiegelglas bringt man zunächst ein Tröpfchen Quecksilber, dann zwei Kupferdrähte von 5 bis 6 Mal geringerem Durchmesser als das Tröpfchen, in Eine Gerade gelegt, jedoch so, daſs das Quecksilber sich zwischen ihren zugewandten Enden befinde; endlich läſst man zwei gerade Streifen von demselben Glase das Quecksilber und die Drähte zwischen sich fassen, und nähert sie, bis sie die letzteren berühren. Das sonach seitlich zwischen diesen Streifen zusammengedrückte Kügelchen verlängert sich nach beiden Seiten hin gegen

die ihn zugewandten Drahtenden und haftet an diesen, da sie amalgamirt waren; endlich schiebt man die Drähte nach entgegengesetzten Richtungen fort, so dafs sie sich von einander entfernen; bei gehöriger Vorsicht gelingt es dann die kleine Quecksilbermasse bis zu einem Faden auszuziehen, der überall dieselbe Dicke hat wie die dünnen Drähte, denen sie anhaftet.

Ist diese Dicke hinlänglich klein, z. B. nur 1 bis 2 Milimeter, so ist der flüssige Faden sehr nahe genau cylindrisch. Dieser flüssige Cylinder, der in Länge wohl das Hundertfache seines Durchmessers halten kann, behält seine Länge so lange er zwischen die beiden Glasstreifen eingeschlossen ist; so wie man aber diese beiden Streifen zugleich senkrecht fortzieht, verwandelt er sich sogleich in eine zahlreiche Reihe von Kugeln, in mehren deren Zwischenräumen sich sehr kleine Kügelchen auf der Platte befinden.

Die Umwandlung dieser Quecksilbercylinder geschieht zu rasch, als dafs man sehen könnte, auf welche Weise sich die Kügelchen zwischen den Kugeln bilden; allein bei dem oben erwähnten Zerfallen der Cylinder in zwei Massen bilden sich auch Kügelchen, und diefs geschieht mit solcher Langsamkeit, das man es leicht beobachten kann. Diese Beobachtung, so wie das Resultat dieser Umwandlung der Quecksilbercylinder, erlaubt mir den ganzen Vorgang bei der Umwandlung eines gegen seinen Durchmesser hinreichend langen flüssigen Cylinders in mehre Kugeln folgendermafsen zu beschreiben.

Der Cylinder beginnt damit an einigen gleich weit von einander abstehenden Stellen seiner Länge anzuschwellen, während er an den dazwischen liegenden Stellen sich verdünnt. Die Länge der Anschwellungen ist sehr nahe der der Einschnürungen gleich. Diese Veränderungen erfolgen fortwährend stärker und schneller, bis die Mitte der Einschnürungen sehr dünn geworden ist. Von jeder dieser Mitten zieht sich nun die Flüssigkeit in entgegengesetzten Richtungen rasch zurück, läfst aber dabei die Massen noch

paarweise vereint durch einen fast cylindrischen Faden, der jetzt dieselben Umänderungen erleidet wie der Cylinder; nur bilden sich insgemein blofs zwei Einschnürungen, die folglich nur eine Anschwellung einschliefsen. Jede dieser kleinen Einschnürungen verwandelt sich nun ihrerseits in einen noch feineren Faden, der an zwei Punkten zerreifst und zu einem isolirten sehr kleinen Kügelchen Anlafs giebt, während die oben erwähnte Anschwellung in ein gröfseres Kügelchen übergeht. Endlich nehmen, nach Zerreifsung dieser letzten Fäden, die grofsen Massen vollständig die Gestalt einer Kugel an. Alle diese Erscheinungen geschehen in Beziehung auf die Axe in symmetrischer Weise, so dafs während ihrer Dauer die Figur nicht aufhört eine Umdrehungsfigur zu seyn.

Beiläufig bemerke ich, dafs es Phänomene gleicher Ordnung sind, denen man die Verwandlung eines durch den elektrischen Schlag oder den elektrischen Strom geschmolzenen Drahtes in Kügelchen zuschreiben mufs. In der That stellt der Draht im Momente seiner Schmelzung einen flüssigen Cylinder von grofser Länge in Bezug auf seinen Durchmesser dar.

Eine Reihe von Versuchen, deren Beschreibung zu viel Platz in diesem Auszug fortnehmen würde, liefsen mich erkennen, dafs die Verwandlung der flüssigen Cylinder nach bestimmten Gesetzen erfolgt. Ich will die beiden hauptsächlichsten hier angeben, doch zuvor einen Ausdruck erklären, den ich in dem Folgenden oft gebrauchen werde.

Ich nenne *Abtheilungen* eines flüssigen Cylinders die Portionen desselben, deren jede eine Kugel liefert, sey es dafs man diese Portionen in dem Cylinder selbst sich vor ihrem Entstehen blofs denkt, oder dafs man sie während der Umwandlung, d. h. während des Ueberganges in die Kugelgestalt, auffafst. Die Länge einer Abtheilung mifst also den constanten Abstand, welcher, während der Umwandlung, zwischen den Mitten zweier benachbarten Einschnürungen liegt. Diefs vorausgeschickt, sind jene beiden Gesetze folgende.

1. Zwei Cylinder von verschiedenem Durchmesser, aber aus gleicher Flüssigkeit gebildet, zertheilen sich in ähnlicher Weise, d. h. die respectiven Längen der Abtheilungen verhalten sich zu einander wie die Durchmesser dieser Cylinlinder. Mit anderen Worten, wenn sich die Natur der Flüssigkeit nicht ändert, ist die Länge der Abtheilungen eines Cylinders dem Durchmesser desselben proportional.

2. Ist Quecksilber die Flüssigkeit, so ist die Zeit zwischen dem Anfang der Umwandlung und dem Augenblick des Reifsens der Fäden genau oder beinahe proportional dem Durchmesser des Cylinders. Diefs Gesetz gilt auch sehr wahrscheinlich für jede andere Flüssigkeit von geringer Viscosität, wie z. B. das Wasser.

Diese Thatsachen und Gesetze im Betreff der flüssigen Cylinder führen mich zu der oben erwähnten Anwendung, nämlich zur vollständigen Theorie der Constitution der aus kreisrunden Oeffnungen hervortretenden Flüssigkeitsstrahlen, einer Constitution, die Savart so bewundernswürdig durch Experimente bewiesen hat [1]).

Ehe ich hier diese Theorie entwickle, mufs ich noch einen von mir gebrauchten Ausdruck kennen lehren. Ich nenne *gestaltende Kräfte* (*forces figuratives*) die Molecularkräfte, welche einer flüssigen Masse eine Gleichgewichtsfigur geben; diejenigen also, welche die Umwandlung eines Cylinders bewirken, sind gestaltende Kräfte, weil diese Umwandlung nur der Uebergang zu einer anderen Gleichgewichtsfigur ist.

Betrachten wir nun eine Flüssigkeits-Ader, welche, unter der Wirkung der Schwere, frei aus einer kreisrunden Oeffnung in dünner Wand, im horizontalen Boden eines Gefäfses, ausfliefst. Die Molecule der Flüssigkeit, die im Innern des Gefäfses von allen Seiten der Oeffnung zufliefsen, behalten, wie man weifs, noch unmittelbar nach ihrem Austritt schiefe Richtungen gegen die Ebene dieser Oeffnung und daraus erfolgt eine rasche Zusammenschnürung, von

1) *Ann. de chim. et de phys. Sér. II. année* 1833. (Ann. Bd. XXIX S. 353.)

der Mündung bis zu einem horizontalen Querschnitt, welchen man unpassend mit dem Namen *verengten Querschnitt* (*Section contractée*) belegt hat. Angelangt in diesem Querschnitt, der nicht weit von der Mündung liegt, streben die Molecule sämmtlich eine gemeinschaftliche Verticalrichtung anzunehmen mit einer Geschwindigkeit, die der Höhe der Flüssigkeit in dem Gefäfse entspricht; überdiefs werden sie in derselben Verticalrichtung durch ihre individuelle Schwere angetrieben. Daraus folgt, dafs, bei kreisrunder Oeffnung, die Ader von dem verengten Querschnitt an einen fast vollkommen und unbestimmt langen Cylinder zu bilden sucht; allein diese Gestalt wird, wie man ferner weifs, durch die der Geschwindigkeit der Flüssigkeit von der Schwere einpeprägten Beschleunigung abgeändert und der Durchmesser der Ader, statt überall derselbe zu seyn, nimmt mehr oder weniger ab, in dem Maafse als er sich von jenem verengten Querschnitt entfernt.

Wenn die eben erwähnten Ursachen alleinig wirkten, so würde die Ader also, je weiter ab von jenem Querschnitt, immer mehr ausgezogen erscheinen, ohne ihre Durchsichtigkeit oder ihre Stetigkeit zu verlieren. Allein aus den oben angeführten Thatsachen geht hervor, dafs eine solche flüssige Figur, deren Form einem sehr verlängerten Cylinder nahe kommt, sich in eine Reihe isolirter, mit ihren Mittelpunkten auf der Axe der Figur liegender Körper verwandeln mufs. Zwar handelt es sich hier von einer der Wirkung der Schwere unterworfenen Flüssigkeit; allein es leuchtet ein, dafs während des freien Falls einer Flüssigkeit die Schwere dem Spiel der Molecular-Attraction kein Hindernifs mehr in den Weg legt, und dafs also letztere auf die Masse dieselben gestaltenden Wirkungen ausüben müsse, wie wenn diese Masse ohne Schwere und in Ruhe wäre. So z. B. nehmen die Regentropfen während ihres Falles die Kugelgestalt an. Nur müfsten, damit der vorstehende Schlufs ganz strenge wäre, alle Theile der Masse mit derselben Geschwindigkeit begabt seyn, was bei der Ader nicht der Fall ist; allein man begreift, dafs

wenn dieser Unterschied auch einige Abänderungen in dem Phänomen hervorbringen kann, er doch die Entstehung desselben nicht zu verhindern vermag.

Die Flüssigkeit der Ader wird also nothwendig während ihrer Bewegung allmälig zur Bildung einer Reihe isolirter Kugeln gelangen müssen.

Allein diese Flüssigkeit erneuet sich stetig, also mufs sich das Phänomen der Umwandlung auch fortwährend erneuen. Zweitens gelangt jede Portion der Flüssigkeit unter die Herrschaft der gestaltenden Kräfte, so wie sie ein Theil wird des unvollkommenen Cylinders, den die Ader zu bilden sucht, d. h. so wie sie den zusammengezogenen Querschnitt überschreitet, und sie verbleibt während ihrer Bahn unter steter Wirkung dieser Kräfte; man sieht also dafs jede Abtheilung der Ader, von dem verengten Querschnitt an, hervorzutreten beginnen, und im Herabfliefsen der Flüssigkeit allmälig in den Zustand einer isolirten Kugel übergehen mufs. Daraus folgt dann, dafs, in einem gegebenen Augenblick, die Abtheilungen der Ader auf einer desto vorgerückteren Stufe der Umwandlung begriffen seyn müssen, als man sie in einem gröfseren Abstand von dem verengten Querschnitt betrachtet, wenigstens bis dahin, wo die Umwandlung in Kugeln vollständig vor sich gegangen ist. Von der Mündung an, bis zu dem Abstand wo die Trennung der Massen erfolgt, mufs also die Ader zusammenhängen, bei gröfserem Abstande aber müssen die Portionen der Flüssigkeiten von einander getrennt seyn.

Geschähen also die Bewegungen der Flüssigkeiten, die der Fortschreitung wie die der Umwandlung, mit solcher Langsamkeit, dafs das Auge sie verfolgen könnte, so würde man die Ader aus zwei verschiedenen Theilen gebildet sehen, oben aus einem continuirlichen, unten aus einem discontinuirlichen. Die Oberfläche des ersten würde eine Reihe von Anschwellungen und Einschnürungen darbieten, die mit der Flüssigkeit hinabsänken und sich von dem verengten Querschnitt aus beständig erneuten, die an ihrem Ursprung, dicht bei diesem Querschnitt, nur sehr schwach angedeutet wä-

wären, bei der Fortbewegung aber stets ausgebildeter würden die Anschwellungen hervorspringender, die Einschnürungen vertiefter; endlich nachdem diese Abtheilungen der Ader am unteren Ende des zusammenhängenden Theils eine nach der anderen zu ihrer gröfsten Entwickelung gelangt wären, würden sie sich ablösen und sogleich Kugelgestalt annehmen sehen. Ueberdiefs würde der Trennung dieser Massen die Bildung eines Fadens vorausgehen, welcher sich in Kugeln von verschiedenem Durchmesser auflöste, so dafs jeder isolirten Kugel solche Kügelchen folgten. Der discontinuirliche Theil der Ader würde sich also als bestehend erweisen aus isolirten Kugeln von gleichem Volum und aus ungleichen Kügelchen in den Zwischenräumen der ersteren; beide würden von der allgemeinen Bewegung mit fortgeführt und am Ende des continuirlichen Theils unaufhörlich erneut werden.

Seit den schönen Versuchen von Savart weifs man, dafs die Beschaffenheit der Ader wirklich genau so ist. Nur modificirt unter den gewöhnlichen Umständen eine fremde, auch von Savart erkannte, Ursache mehr oder weniger sowohl die Form der Abtheilungen als die Sphäricität der isolirten Massen, die den discontinuirlichen Theil zusammensetzen; allein Savart hat Mittel angegeben, sich gegen diesen Einflufs zu schützen.

Da nun die Fortbewegung zu rasch ist, um die bei der Ader entstehenden Phänomene durch directe Beobachtungen erfassen zu können, so müssen daraus gewisse eigenthümliche Erscheinungen hervorgehen. Erinnern wir hier daran, dafs wenn ein flüssiger Cylinder sich in eine Kugel auflöst, die Geschwindigkeit dieser Umwandlung eine beschleunigte, und daher anfangs eine äufserst geringe ist. Wegen dieser anfänglichen Kleinheit und der Schnelligkeit der Fortbewegung in der Ader können die Vorgänge der allmäligen Umwandlung nur erst in einem mehr oder weniger grofsen Abstande von dem verengten Querschnitt anfangen merklich zu werden. Bis zu diesem Abstand kann der rasche Vorübergang der Anschwellungen und Einschnü-

rungen vor dem Auge zu keinem dem bloſsen Anblick merkbaren Effecte Anlafs geben, und dieser Theil der Ader wird sich also unter der Gestalt zeigen, die er besitzen würde, wenn er keine Neigung zum Zerfallen hätte. Von diesem selben Abstande an aber scheint die Ader, da die Anschwellungen eine beträchtliche Entwickelung zu beginnen anfangen, dicker zu werden, bis zu einem anderen Abstand, jenseits dessen der Durchmesser sich constant erweiset.

Das ist wirklich, wie es auch die Beobachtungen von Savart gezeigt haben, die Gestalt, welche eine dem Einfluſs jeder störenden Ursache entzogenen Ader der directen Beobachtung darbietet.

In Betreff der Adern, die in anderen als horizontaler Richtung fortgesandt werden, Adern, die durch die Wirkung der Schwere gekrümmt sind und sich daher nicht mehr mit Cylindern vergleichen lassen, so zeige ich, daſs das Phänomen der Verwandlung in isolirte Kugeln nicht ausschlieſslich der Cylinderform eigen ist, sondern bei jeder flüssigen Figur, deren eine Dimension gegen die beiden anderen bedeutend ist, scheint vorkommen zu müssen. Hier ein Beispiel dieser Art. Man hänge in dem alkoholischen Gemisch einen aus Eisendraht gebildeten Ring von z. B. 7 Centimetern Durchmesser auf, und lasse an der Gesammtheit desselben eine Oelmasse haften, die nicht hinreicht eine ihm anhaftende Kugel zu bilden. Diese Masse wird die Form einer biconvexen Linse annehmen. Hierauf stecke man in die Mitte einer der Flächen dieser Linse den Schnabel des kleinen Hebers und sauge Oel auf. Dieſs verringert mehr und mehr die Dicke der Linse, allein wenn diese Dicke sehr klein geworden ist, reiſst die Linse plötzlich in der Mitte, und man sieht die Flüssigkeit sich rasch in allen Richtungen zu dem metallenen Umfang begeben und längs demselben einen schönen flüssigen Ring bilden. Dieser Ring nun, der sich in dem uns beschäftigenden Fall befindet, verweilt nur eine oder zwei Sekunden; dann löst er sich in mehre kleine Massen auf, die an verschiedenen Stellen des Drahtringes haften bleiben, wie Perlen

an einem Halsbande; diese Massen sind fast sphärisch; und sie würden es, ohne Wirkung des Eisendrahtes, offenbar ganz seyn. Man begreift demnach, dafs auch bei gekrümmten Andern sich Abtheilungen bilden müssen, die allmälig in den Zustand isolirter Kugeln übergehen, und dafs folglich die horizontal oder schief fortschiefsenden Adern von analoger Beschaffenheit wie die vertical herabfliefsenden sind, ein Schlufs, der auch mit den Beobachtungen von Savart übereinstimmt.

Kehren wir zu den senkrecht herabfliefsenden Adern zurück. Zwei Folgerungen ergeben sich unmittelbar aus meiner Theorie. Da erstens die Abtheilungen sich während ihres Fallens umwandeln, so ist klar, dafs der Raum, den jede während der Zeit durchläuft, die sie zur Ausführung eines gegebenen Theils ihrer Umwandlung gebraucht, desto gröfser ist, als sie schneller sinkt, oder mit anderen Worten, als die Last, d. h. die Höhe der Flüssigkeit in dem Gefäfse, beträchtlicher ist, woraus dann offenbar folgt, dafs, bei gleicher Oeffnung, die Länge des continuirlichen Theils der Ader wachsen mufs mit der Last. Diefs beweisen auch die Resultate der Messungen von Savart.

Zweitens, weil nach dem zweiten Gesetz, welches ich vorhin für die flüssigen Cylinder angeführt habe, die Umwandlung eines Cylinders, desto langsamer geschieht als der Cylinder von gröfserem Durchmesser ist, so wird die Zeit, welche eine Abtheilung zur Ausführung eines gleichen Theils ihrer Umwandlung gebraucht, desto länger seyn als die Ader dicker ist; woraus folgt, dafs, wenn die Ausflufsgeschwindigkeit sich nicht ändert, der während dieser Zeit von der Abtheilung durchlaufene Raum desto beträchtlicher ist als der Durchmesser der Oeffnung gröfser ist. Folglich mufs, für eine gleiche Last, der zusammenhängende Theil zunehmen mit dem Durchmesser der Oeffnung, und auch dieses wird durch die Resultate der Savart'schen Messungen bestätigt.

Anlangend die Gesetze für diese Veränderungen in der Länge des continuirlichen Theils, so hat Savart aus seinen

bei Wasseradern angestellten Messungen hergeleitet, dafs, für eine und dieselbe Oeffnung, diese Länge fast proportional ist der Quadratwurzel aus der Last, und, für eine und dieselbe Last, fast proportional dem Durchmesser der Oeffnung. Nun beweise ich durch eine Reihe von Beobachtungen, deren Auseinandersetzung hier zu viel Raum fortnehmen würde, dafs diese beiden Gesetze nothwendige Folgerungen aus denen sind, die ich für die flüssigen Cylinder gefunden habe.

So weifs man durch die Savart'sche Arbeit, dafs die Ader einen anhaltenden Ton giebt, der hauptsächlich entsteht aus dem periodischen Stofs der isolirten, den discontinuirlichen Theil bildenden Massen gegen den Körper, auf den sie fallen; und man kann diesen Ton von grofser Intensität erhalten, wenn man den discontinuirlichen Theil mit einer ausgespannten Membran auffängt. Durch Vergleichung der Töne, die sonach die Wasseradern bei verschiedenen Belastungen und bei Oeffnungen von verschiedenem Durchmesser hervorbringen, hat Savart gefunden, dafs, bei gleicher Oeffnung, die Zahl der Schwingungen in der Sekunde proportional ist der Quadratwurzel aus der Belastung, und, bei gleicher Belastung, umgekehrt proportional dem Durchmesser der Oeffnung. Auch diese beiden Gesetze sind nothwendige Folgerungen aus meiner Theorie, was ich hier in wenigen Worten begreiflich machen werde.

Da nämlich zuvörderst die Bildung der Abtheilungen in der Ader allein das Resultat ihrer fast cylindrischen Figur ist, so wird der Abstand zwischen den Mitten zweier an dem verengten Querschnitt entstehenden Einschnürungen, oder, anders gesagt, die Länge einer entstehenden Abtheilung, unabhängig seyn von der Ausflufsgeschwindigkeit, woraus dann folgt, dafs, wenn die Oeffnung dieselbe bleibt, die Anzahl dieser entstehenden Abtheilungen, welche in gegebener Zeit durch den verengten Querschnitt gehen, proportional seyn wird der besagten Geschwindigkeit, mithin proportional der Quadratwurzel aus der Last. Allein

jede dieser Abtheilungen giebt weiter unten eine isolirte Masse und jede isolirte Masse erzeugt einen Stofs auf die Membran; mithin ist die Zahl der Stöfse in der Sekunde und folglich die Zahl der Schwingungen proportional den Quadratwurzeln aus der Last.

Zweitens geht aus dem ersten der beiden vorhin für Cylinder aufgestellten Gesetze hervor, dafs die Länge einer entstehenden Abtheilung beinahe proportional seyn mufs dem Durchmesser der Ader an dem verengten Querschnitt, folglich sehr nahe proportional dem der Oeffnung. Wenn nun die Belastung und folglich die Ausflufsgeschwindigkeit gleich bleibt, so wird die Anzahl der entstehenden Abtheilungen, die in gegebener Zeit durch den verengten Querschnitt gehen, offenbar sich umgekehrt verhalten wie die Länge dieser Abtheilungen, und auch, nach dem eben Gesagten, beinahe umgekehrt wie der Durchmesser der Oeffnung; dasselbe gilt von der Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde.

Wie gesagt also, die Eigenschaften der flüssigen Cylinder liefern die vollständige Erklärung der Beschaffenheit der aus kreisrunden Oeffnungen hervorkommenden flüssigen Adern, geben Rechenschaft von allem Detail, von allen Gesetzen der Erscheinung.

Savart hat in seiner Abhandlung gewisse äufserst merkwürdige Modificationen kennen gelehrt, welche die Ader unter dem Einflufs schwingender, der Flüssigkeit von aufsen mitgetheilter Bewegungen erfährt. Die Theorie dieser Erscheinungen, die von einer fremden Ursache abhängen, habe ich nicht gegeben; allein, um in dem, was die Adern betrifft, keine Lücke zu lassen, werde ich diesen Gegenstand in meiner dritten Reihe behandeln, und man wird dann sehen, dafs auch die erwähnten Phänomene vollständig erklärt werden.

IV. *Regenbogen nach Untergang der Sonne.*

Dieser Regenbogen wurde gesehen zu Esho, 6 engl. Meilen westlich von Durham, in 54° 47′ 25″ N. Br., 0° 6′ 45″ W. L. und 700 engl. Fufs Meereshöhe. Die Zeit des Sonnenuntergangs konnte, wegen Wolken, nicht beobachtet werden; allein berechnet, mit Annahme von 33′ für horizontale Refraction, betrug sie 8ʰ 36′ 2″. Um 8ʰ 31′ 43″ schien das Phänomen ein Stück eines über 180° grofsen Bogens zu seyn, ähnlich in Gestalt einem Maurischen Bogen (*saracenic arch*) und beide Seiten waren bis zu einer Höhe von 40° sichtbar. Um 8ʰ 34′ 43″ ward das südliche Ende verblichen, allein das nördliche Ende war sowohl am primären als sekundären Bogen bis zu einer Höhe von etwa 5° sichtbar; zwischen beiden war der Himmel dunkler. Die Sichtbarkeit des nördlichen Endes erhielt sich bis 8ʰ 37′ 48″ oder bis 1′ 42″ nach vollständigem Sonnenuntergang. Selbst um 8ʰ 38′ 43″, oder 2′ 41″ nach Sonnenuntergang, war noch ein unregelmäfsiges Stück vom südlichen Theil des Bogens in etwa 15° Höhe sichtbar.

Die Zeitbestimmung war genau, indem der Chronometer (*watch*) unmittelbar nach der Beobachtung mit der Mittagsuhr (*transit-clock*) verglichen wurde. Im Observatorio zu Durham, 387 engl. Fufs über dem Meere, stand das Barometer auf 29″,48 bei 61°, das äufsere Thermometer auf 57°,5 und der Wind war SW. Um die Erscheinung zu erklären, mufs man annehmen, entweder dafs die Horizontalrefraction einen viel gröfseren Werth als gewöhnlich besafs, oder dafs der Regenbogen in einer sehr hohen Region der Atmosphäre gebildet wurde. (Prof. Chevallier im *Report of the 19th Meeting of the British Association for the advancement of Science, Notices p.* 16).

V. *Zur Erklärung der elektromotorischen Kraft der Grove'schen Kette; von R. Kohlrausch.*

Wenn die elektrische Differenz zwischen Platin und Zink nur unbedeutend gröfser ist als die zwischen Kupfer und Zink, und wenn das von mir angegebene Verhältnifs 107 zu 100 dieser Differenzen wirklich das richtige seyn sollte, so läfst sich, sobald man den Satz festhalten will, dafs die elektromotorische Kraft einer Kette aus den elektrischen Differenzen der in ihr sich berührenden Körper zusammengesetzt sey, die grofse Kraft der Grove'schen Kette im Vergleich zur Daniell'schen nur aus dem elektrischen Verhalten der Salpetersäure zum Platin erklären. Benutzen wir nämlich die früher [1]) eingeführte Schreibart der elektrischen Differenzen und setzen Ketten mit amalgamirtem Zink in verdünnter Schwefelsäure voraus, wobei ersteres durch das Zeichen HgZn vorgestellt werden mag, so besteht die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette aus

$$\text{I.}\quad \mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Cu} + \mathrm{HgZn}\,|\,\ddot{\mathrm{S}} - \mathrm{Cu}\,|\,\mathrm{Cu}\,\ddot{\mathrm{S}} = \mathrm{D},$$

wobei man, wenn man es lieber will, statt $\mathrm{HgZn}\,|\,\ddot{\mathrm{S}}$ auch die elektrische Differenz zwischen Wasserstoff und Schwefelsäure denken mag. Die elektromotorische Kraft der Grove'schen Kette würde aber, da wir wissen, dafs das Platin von der Salpetersäure positiv erregt wird, aufserdem eine elektrische Einwirkung der beiden Säuren auf einander nicht bekannt ist, durch

$$\text{II.}\quad \mathrm{Zn}\,|\,\mathrm{Pt} + \mathrm{HgZn}\,|\,\ddot{\mathrm{S}} + \mathrm{Pt}\,|\,\ddot{\mathrm{N}} = \mathrm{G}$$

vorgestellt werden können. Aus diesen beiden Formen erkennt man ohne weiteres, dafs die Triebkraft der letzteren gröfser seyn mufs als die der ersteren, und es fragt sich nun nur, ob die Differenz zwischen Platin und Salpetersäure eine solche Gröfse besitzt, dafs sich daraus der

1) Diese Ann. Bd. 79 S. 148.

Unterschied der beiden Triebkräfte erklären läfst. Ich verfuhr zur Entscheidung dieser Frage folgendermafsen.

Die elektromotorische Kraft einer Daniell'schen und einer Grove'schen Kette wurden nach demselben Maafsstabe bestimmt und die beiden Zahlen für D und G in die Gleichungen I. und II. gesetzt. Nun habe ich früher [1]) das Verhältnifs der elektrischen Differenzen der in der Daniell'schen Kette sich berührenden Körper bestimmt und es liefs sich aus Svanberg's Arbeit [2]) die mir fehlende Differenz $Hg\,Zn|\ddot{S}$ ergänzen. Es konnte keine Schwierigkeit haben, diese Verhältnifszahlen so zu reduciren, dafs sie in die Gleichung I. gesetzt dem Werthe D Genüge leisteten. Dadurch war in der Gleichung II. alles aufser $Pt|\ddot{\ddot{N}}$ gegeben und es berechnete sich nun diese letztere Differenz so, dafs

$$Hg\,Zn|\ddot{S} : Pt|\ddot{\ddot{N}} = 3{,}78 : 3{,}31.$$

Auf diese Weise erhielt ich also eine ungefähre Anforderung an die Gröfse der elektrischen Differenz zwischen Platin und Salpetersäure. Diese Differenz darf der zwischen amalgamirtem Zink und Schwefelsäure nicht viel nachgeben, wenn die beabsichtigte Erklärung der Triebkraft der Grove'schen Kette gelingen soll.

Um darüber die Probe zu machen, benutzte ich den in diesen Annalen Bd. 75 S. 88 beschriebenen Condensator, hängte unten eine Zinkplatte ein, oben eine Glasplatte und bedeckte letztere mit einem in verdünnte Schwefelsäure getauchten Löschblatte, wie ich das früher beschrieben habe. Wurde die Zinkplatte mit der Schwefelsäure durch einen Zinkdraht verbunden, welcher an der die Säure berührenden Seite amalgamirt war, so lud sich der Condensator mit Elektricität, welche von der elektrischen Differenz zwischen amalgamirten Zink und Schwefelsäure herrührt, und lieferte am Elektrometer eine Zahl a. Die Säure wurde dabei positiv elektrisch.

1) Diese Ann. Bd. 79 S. 189.
2) Diese Ann. Bd. 73 S. 296.

Berührte ich die Zinkplatte mit einem Platindrahte, der am anderen Ende mit der Schwefelsäure durch einen in Salpetersäure getauchten Bindfaden in Communication stand, so lud sich der Condensator gemäfs der elektrischen Differenz $Zn \mid Pt + Pt \mid \ddot{\ddot{N}}$. Vom Löschblatte entnommen war die Elektricität negativ und zeigte an Gröfse die Zahl *b*. Daraus entspringt die Gleichung

$$1.\quad HgZn\mid\ddot{\ddot{S}} : (Zn\mid Pt + Pt\mid\ddot{\ddot{N}}) = a : b.$$

Die Glasplatte mit der verdünnten Schwefelsäure blieb nun hängen, es ward aber die Zinkplatte mit einer Platinplatte, oder eigentlich, was dasselbe ist, mit einer mit Platin galvanisch überzogenen Kupferplatte vertauscht. Wurde die Schwefelsäure mit dem Platin wie oben durch den Zinkdraht verbunden, so zeigte das Elektrometer, von der Säure her geladen, positive Elektricität, welche der Elektricitätsquelle $Zn\mid Pt + HgZn\mid\ddot{\ddot{S}}$ entsprach und die Spannung *c* hatte. Diese Zahl *c* ist jedoch, da sie von einen anderen Condensator herrührte, nicht mit den Zahlen *a* und *b* unmittelbar zu vergleichen; eine zweite mit *c* vergleichbare Zahl wurde aber dadurch erhalten, dafs nun die Platinplatte mit der Schwefelsäure durch einen Platindraht verbunden wurde, jedoch in der Weise, dafs das Platin die Schwefelsäure nur mittelbar, das heifst, durch einen zwischengebundenen mit Salpetersäure getränkten Bindfaden berührte. Diefs mufste, voraus gesetzt dafs zwischen den beiden Säuren keine Elektricitätserregung stattfand, die Wirkung hervorbringen, als wäre die Glasplatte mit Salpetersäure bedeckt. Es zeigte sich, dafs die Säure negativ geladen war mit der Spannung *d*. So entstand die zweite Gleichung:

$$2.\quad (Zn\mid Pt + HgZn\mid\ddot{\ddot{S}}) : Pt\mid\ddot{\ddot{N}} = c : d.$$

Eliminirte ich aus diesen beiden Gleichungen $Zn\mid Pt$, so stellte sich heraus, dafs

$$HgZn\mid\ddot{\ddot{S}} : Pt\mid\ddot{\ddot{N}} = 9{,}3 : 11{,}0.$$

Hier fand sich also die Differenz zwischen Platin und Salpetersäure noch gröfser als sie vermuthet worden war.

Da es nur auf ein ungefähres Resultat ankommen konnte, wurde den Gründen des Unterschiedes in Resultaten nicht weiter nachgeforscht. Sie liegen ohne Zweifel darin, daſs die elektrische Differenz zwischen einem festen und einem tropfbaren Körper, wegen der nicht leicht zu erzielenden vollkommen gleichen Beschaffenheit der Oberfläche des ersteren, immer etwas Schwankendes behalten muſs, auch das Operiren mit Glascondensatoren keine groſse Genauigkeit der Resultate erwarten läſst.

Es war eine Salpetersäure bei diesen Versuchen angewendet, welche schon öfter zum Füllen der Grove'schen Kette gedient hatte. Wollen wir in ungefährer Schätzung die elektrische Differenz zwischen Platin und nicht concentrirter Salpetersäure, der zwischen amalgamirtem Zink und verdünnter Schwefelsäure gleichsetzen und die Differenz zwischen Kupfer und Zink durch 100 bezeichnen, so würde die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette bestehen aus

$$Zn|Cu + HgZn|\ddot{S} - Cu|Cu\ddot{S} = 100 + 149 - 21 = 228;$$

die der Grove'schen aber aus

$$Zn|Pt + HgZn|\ddot{S} + Pt\ddot{N} = 107 + 149 + 149 = 405;$$

ein Verhältniſs, wie es sich in der Praxis bestätigt findet. Daſs von concentrirter, namentlich von rauchender Säure das Platin noch stärker erregt wird, davon habe ich mich überzeugt; es ist aber auch schon längst bekannt.

Cassel, den 8. Dec. 1850.

VI. *Die elektroskopischen Eigenschaften der Thermokette; von R. Kohlrausch.*

Bei den Hydroketten bemerken wir, dafs mit dem Strom zugleich allemal eine besondere Anordnung freier Elektricität auf der Oberfläche der ganzen Kette sich einstellt. Sowohl die ältere, Ohm'sche Theorie als auch die neuere, von Kirchhoff[1]) und W. Weber[2]) bringen diese freie Elektricität in einen ganz bestimmten Causalnexus mit dem Strome, so dafs man nach ihnen gezwungen wird anzunehmen, dafs über jeden geschlossenen Leiter, der die Ursache zu einem Strome in sich selbst trägt, oder mit Weber's Worten, »wo die gegebenen elektromotorischen Kräfte sich nicht über die ganze geschlossene Kette erstrecken und in allen Theilen den Widerständen proportional wirken«, freie Elektricität nach bestimmten Gesetzen ausgegossen erscheine. Die Thermokette gehört in diese Kategorie geschlossener Leiter, und da, so viel ich wenigstens weifs, bisher weder auf ihrer Oberfläche, wenn sie geschlossen, noch an ihren Polen, wenn sie geöffnet ist, freie Elektricität beobachtet wurde, so habe ich es unternommen, über diesen Punkt entscheidende Versuche anzustellen.

Die Gröfse der Wirkung einer Hydrokette z. B. der Daniell'schen, auf meine elektroskopische Hülfsmittel war mir bekannt. Indem nun die elektromotorischen Kräfte dieser Hydrokette und einer einfachen Thermokette durch Hülfe der Magnetnadel verglichen wurden, konnte die Anzahl der Glieder einer Thermokette bestimmt werden, von welcher eine hinreichende Einwirkung auf die elektroskopischen Mefsinstrumente erwartet werden durfte. Nach Anfertigung einer solchen Kette hat sich das Folgende ergeben:

1) Diese Ann. Bd. 78 S. 506.

2) Elektrodynamische Maafsbestimmungen, insbesondere Widerstandsmessungen von W. Weber.

Die Thermokette besitzt Spannungselektricität an ihren Polen, wenn sie geöffnet ist; ebenso zeigt sich diese Elektricität auf der Oberfläche der geschlossenen Kette und zwar nach denselben Gesetzen wie bei der Hydrokette.

Der Beweis der Richtigkeit dieser Behauptung wird sich aus der Untersuchung selbst ergeben.

I. Beschreibung der Kette.

Aus Eisendraht von etwa 0,5 Millimeter Durchmesser und aus schmalen Streifen von Neusilberblech war eine Thermokette von 769 Paaren gebildet worden, also von doppelt so vielen Löthstellen [1]). Sie hatte die Gestalt eines Rechtecks und die Hälfte der Löthstellen befand sich in derselben Ebene unterhalb eines horizontalen Brettes, die andere Hälfte, zugleich mit den Polen der Kette, oberhalb desselben. Was hier so eben Brett genannt ist, bestand eigentlich aus einem hölzernen Rahmen, in welchen eine Reihe neben einander gelegter (8 Zoll langer, $\frac{1}{6}$ Zoll breiter und $\frac{1}{3}$ Linie dicker) Brettchen eingespannt war, zwischen denen, in Siegellack eingekittet, sich die Reihen der Eisendrähte und Neusilberstreifen befanden. Die ersteren waren an ihren Enden rechtwinklich umgebogen und mit den Neusilberstreifen durch Zinn zusammengelöthet, aufser an der oberen Löthstelle des 420sten Paares. Hier war an den oben hervortretenden Neusilberstreifen ein Eisendraht gelöthet, und dieser mit dem folgenden Eisendrahte durch eine Klemmschraube verbunden, so dafs es möglich wurde, aufser der ganzen Kette auch noch (in runder Zahl) $\frac{5}{11}$ oder $\frac{6}{11}$ derselben zu prüfen. Die Länge der Drähte und Streifen betrug 2,5 Zoll, so dafs sie auf jeder Seite etwa $\frac{3}{4}$ Zoll frei hervorstanden. Mitten zwischen den Löthstellen der unteren Seite befand sich die Kugel eines Thermometers, dessen Stand auf der anderen Seite des Brettes abgelesen wurde.

1) Dafs auf beiden Seiten gleich viel Löthstellen sich befanden und nicht auf der einen Seite eine mehr, war dadurch bewirkt, dafs die Kette mit Eisen anfing und auf derselben Seite mit Eisen endigte.

Da eine solche Kette schon einen sehr bedeutenden Widerstand bietet, bei den folgenden Untersuchungen aber ein Schliefsungsbogen von noch viel gröfserem Widerstande benutzt werden sollte, so schien es mir unthunlich, die eine Seite derselben in eine erhitzte Flüssigkeit zu tauchen, weil bei der hierdurch bewirkten Nebenschliefsung die Anordnung der freien Elektricität auf der Oberfläche der Kette in einer Weise modificirt werden mufste, welche bei der Unkenntnifs der Leitungswiderstände in der Flüssigkeit nicht gehörig zu übersehen war. Aufserdem auch handelte es sich trotz der grofsen Menge der Paare jedenfalls nur um eine ganz geringe und am Condensator aufzusuchende Spannung der freien Elektricität, und es schien deshalb keinesweges gerathen, die Menge von hydrogalvanischen Strömen zuzulassen, welche beim Eintauchen der heterogenen Metalle in der Flüssigkeit nothwendig entstehen mufsten und an den Enden der Kette durch ungleiche Polarisationen einen Zustand herbeiführen konnten, durch welchen eine Ladung des Condensators bewirkt und auf Rechnung des Thermostromes gesetzt wurde, mit dem sie doch nichts zu thun hatte.

Um also die Kette in ihrem durch das Siegellack streng isolirten Zustande zu erhalten und doch eine hinreichende Temperaturdifferenz der Löthstellen herbeizuführen, mufste ich mich heifser Luft bedienen. Ich schlofs zu dem Ende die untere Seite der Kette, auf welcher auch die Thermometerkugel sich befand, möglichst dicht in einem blechernen Behälter von etwa anderthalb Zoll Höhe ein. Dieser Behälter tauchte einen halben Zoll tief in Wasser, welches durch untergestellte Weingeistlampen zu bestimmten Temperaturen erwärmt werden konnte. Obschon die von den Flammen und dem heifsen Wasser seitlich emporströmende heifse Luft durch einen breiten Rand von Pappe von der oberen Seite der Kette abgehalten wurde, erwärmten sich die oberen Löthstellen doch sehr bemerklich und zwar mittelst Wärmefortpflanzung in dem mit schlechten Leitern umgebenen Drähten selbst, so dafs ich zu ihrer

Abkühlung dicht über ihnen ein breites Blechgefäfs mit Schnee anbrachte.

Man sieht, dafs es bei einer solchen Einrichtung unmöglich ist, die Temperaturdifferenz der Löthstellen auch nur einigermafsen genau zu bestimmen. Als z. B. die Lampen eine lange Zeit gebrannt hatten und das Wasser eine ziemlich constante Temperatur von 65° R. angenommen hatte, blieb das mit den unteren Löthstellen eingeschlossene Thermometer unter langsamen Schwankungen von etwa einen halben Grad auf 34° R. stehen. Wie nun das Schneedach über den oberen Löthstellen abgenommen wurde, war dennoch eine Erwärmung dieser über die Lufttemperatur mit der Hand wahrzunehmen. Schätzungsweise taxire ich in diesem Falle die Temperaturdifferenz der Löthstellen auf 10 bis 15 Grad. Ungefähr den eben erzählten Zustand der Kette mag man sich bei den Versuchen 2 und 3 der folgenden Nummer denken.

II. Versuche.

Die Pole der isolirten Kette führten zu zwei isolirten Quecksilbernäpfchen. Mit diesen Näpfchen konnten die Messingplatten eines Condensators verbunden werden, sowohl wenn die Näpfchen verbunden blieben als wenn beliebige Drahtlängen eines Rheochords zwischen ihnen eingeschaltet waren und von dem Strome durchlaufen wurden. Von denselben Näpfchen aus war der Strom der Kette durch ein empfindliches oder auch ein mit wenigen Windungen versehenes Galvanometer zu leiten, sobald nämlich deren Enden in die Näpfchen getaucht wurden. Als Elektrometer diente mir das vielfach erwähnte von mir verbesserte Dellmann'sche Instrument, doch bemerke ich dabei, dafs jedes empfindliches Säulen-Elektroskop die entstandenen Ladungen des Elektromotors würde angedeutet haben.

1. So lange die Kette nicht durch die ungleich angebrachte Wärme in Temperaturdifferenz der Löthstellen gesetzt wurde, liefs sich mit ihren isolirten Polen der Con-

densator *nicht* laden. Sobald aber nach Anzündung der Weingeistflammen das Wasser sich zu erwärmen begann und die zur Probe eingeschalteten Galvanometer eine Ablenkung der Nadel zeigten, ladete sich, bei Ausschlufs dieser Galvanometer, der Condensator, und zwar bei Zunahme der Temperatur des Wassers immer stärker. Der Pol, von welchem aus der positive Strom das Galvanometer durchlief, theilte auch der Condensatorplatte positive Elektricität mit. Es stellte sich dabei heraus, dafs der Strom an der heifsen Löthstelle vom Neusilber zum Eisen überging.

2. Es wurde, während die Temperatur-Verhältnisse stationär geworden waren, die ganze, übrigens nicht geschlossene, Kette zur Ladung des Condensators benutzt und das Elektrometer lieferte für diese Ladung die Zahl 1,97. Darauf wurde mit 349 und endlich mit 420 Paaren der Kette die Ladung des Condensators bewerkstelligt. Die vom Elektrometer gelieferten Zahlen 0,79 und 1,18 hätten sich wie 5 zu 6 verhalten sollen. Wenn sie davon ziemlich bedeutend abweichen, so hat das seinen Grund wahrscheinlich darin, dafs ungleiche Temperaturverhältnisse in den beiden Hälften der Kette obwalteten, was bei der Art, wie der Versuch angeordnet war, nicht zu verwundern ist [1]). Doch entspricht die Summe der Spannungen in den Theilen der Kette mit (absoluter und defshalb gewifs zufälliger) Genauigkeit der Spannung der ganzen Kette.

3. Es handelt sich nun darum, ob auf der Oberfläche der geschlossenen Kette dieselbe Anordnung freier Elektricität sich zeige, wie bei der geschlossenen Hydrokette. Um dieſs zu untersuchen, blieben zwei Wege; entweder verschiedene Stellen eines sehr langen Schliefsungsbogens zu prüfen, oder die Prüfung an denselben Punkten der

1) Es schien mir nicht nöthig diesen Punkt weiter zu ergründen, da der Versuch überhaupt nur angestellt wurde, um mich vor möglichen Täuschungen sicher zu stellen. Da aber die Art der Elektricität den Anforderungen bei jeder Combination der Pole mit den Condensatorplatten entsprach und die Quantität der Ladung das geforderte Verhältnifs ungefähr zeigte, so mufste jeder Argwohn, dafs hier eine fremdartige Elektricitätsquelle wirksam sey, verschwinden.

Kette, z. B. an den sogenannten Polen vorzunehmen, während zwischen diesen verschieden lange Schliefsungsbogen eingeschaltet wurden. Ich schlug den letzteren Weg ein, indem zu Schliefsungsbogen verschiedene Drahtlängen eines Rheochords benutzt wurden. Die dann beobachteten Ladungen u des Elektrometers mufsten, wenn die Thermokette in dieser Beziehung wie die Hydrokette sich verhalten sollte, mit den aus der Formel $u = \frac{k\lambda}{l}$ berechneten Ladungen übereinstimmen, wobei k die Ladung des Elektrometers durch die geöffnete Kette (die elektromotorische Kraft), λ die reducirte Länge (den Widerstand) des Schliefsungsbogens und l die gesammte vom Strome durchlaufene Länge (den Gesammtwiderstand) vorstellt.

Folgende Beobachtungen lieferten das Material zu der Vergleichung.

a. Als das eingeschlossene Thermometer 33,3° zeigte, theilte durch Vermittlung des Condensators die geöffnete Kette dem Elektrometer Elektricität mit, welche gemäfs der Einheit, nach welcher dieses Instrument graduirt ist, die Spannung 2,21 besafs. Ich sage also kurz: die Spannung k an den Polen der geöffneten Kette war 2,21.

b. Es wurde nun bei vier auf einander folgenden Messungen die Kette durch verschiedene Schliefsungsbogen λ geschlossen und zwar war λ der Reihe nach gleich 4150, 2240, 1061 und 531 Zoll meines Neusilberdrahtes. Die zu diesen Schliefsungsbogen gehörigen Spannungen u an den Polen wurden vom Elekrometer zu 1,92; 1,72; 1,35 und 0,95 angegeben.

c. Die Wiederholung des Versuches *a* gab jetzt $k = 2{,}26$. Zugleich war allmälig die Temperatur des eingeschlossenen Thermometers auf 33,8° gestiegen, und so zeigte sich auch an einem zur Probe von Zeit zu Zeit eingeschalteten Galvanometer eine etwas gröfsere Ablenkung. Da indessen der Unterschied von k im Anfange und am Ende der Versuchsreihe nur unbedeutend ist, kann füglich das Mit-

Mittel $k = 2{,}235$ der Berechnung von u zum Grunde gelegt werden.

d. Den Widerstand der Thermokette selbst bestimmte ich auf die gewöhnliche Weise. Nachdem sie nämlich erkaltet, von allen Hüllen befreit und rücksichtlich ihrer beiden Seiten in gleiche Lage gegen die zu berücksichtigenden Oertlichkeiten der Stube (Fenster, Ofen u. dergl.) gebracht war, liefs ich durch sie und ein Galvanometer den Strom einer Daniell'schen Kette hindurchgehen und bestimmte darauf die Drahtlänge des Rheochords, welche an ihre Stelle gesetzt derselben Ablenkung der Magnetnadel entsprach. Weil jedoch die Thermokette in dem Augenblicke, in welchem sie aus dem Kreise der Daniell'schen Kette herauskam, die astatische Nadel eines zweiten Galvanometers um 1,5° ablenkte, so wurde die Bestimmung ihrer Länge wiederholt, während sie in entgegengesetztem Sinne eingeschaltet war. Die Resultate beider Messungen differirten um nicht mehr als die ohnediefs bei meinen Instrumenten zu erwartenden Beobachtungsfehler, und so ward die reducirte Länge der Thermokette mit den unverändert beibehaltenen Leitdrähten zu 611 Zoll bestimmt.

Die Versuchsreihe ergiebt also folgendes Resultat:

λ.	l.	u berechn. aus $u = \frac{kl}{\lambda}$.	u beobacht.
4150	4761	1,948	1,92
2240	2851	1,756	1,72
1061	1672	1,418	1,35
531	1142	1,039	0,95

Dafs die beobachteten Werthe von u alle etwas zu klein ausgefallen sind, schreibe ich dem Umstande zu, dafs ich die Messungen immer an derselben Condensatorplatte und zwar immer bei positiver Ladung derselben vornahm. Der Condensator konnte aber bei den rasch auf einander folgenden Ladungen um so eher an Parteilichkeit zunehmen, als ich die drei Lackstellen nicht mit einer Flammen-

spitze reinigte, indem ich wegen der Temperaturverhältnisse eine rasche Beendigung der Versuchsreihe erstrebte.

4. Derselbe Condensator wurde mit einer einfachen Daniell'schen Kette geladen und lieferte die Zahl 19,58. Da nun bei einem Temperatur-Unterschiede der Löthstellen von 10 bis 15° die Thermokette von 769 Paaren nur die Ladung 2,26 hervorgebracht hatte, so ergiebt sich, dafs bei diesem Temperatur-Unterschiede die elektromotorische Kraft einer einfachen aus Eisen und Neusilber construirten Thermokette nur $\frac{1}{1707}$ oder lieber in runder Zahl $\frac{1}{1700}$ von der elektromotorischen Kraft einer einfachen Daniell'schen Kette besitzt.

Cassel, den 14. Januar 1851.

VII. *Neues Reflexionsphänomen.*

In den *Compt. rend. T.* 31, *p.* 532 giebt Hr. Cauchy folgenden, von ihm theoretisch aufgefundenen und (gemeinschaftlich mit Hrn. Soleil) experimentell bestätigten Satz. Die Reflexion an der äufseren Oberfläche eines Krystalls mit einer oder mit zwei optischen Axen verwandelt einen winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Strahl in einen anderen ebenso polarisirten Strahl, sobald die beiden gebrochenen Strahlen sich auf einen einzigen reduciren oder auch sobald die Einfallsebene die Richtung der Lichtschwingungen eines der gebrochenen Strahlen einschliefst. In jedem anderen Falle verwandelt die Reflexion den geradlinig und winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Strahl in einen nach einer neuen Ebene polarisirten oder gar in einen elliptisch polarisirten Strahl. Besonders geschieht es bei der Incidenz, deren Tangente wenig abweicht vom Verhältnifs der Sinus der Winkel zwischen der brechenden Fläche und den Ebenen der einfallenden und gebrochenen Welle.

VIII. *Einige Beobachtungen über das Absetzen aufgeschlemmter pulverförmiger Körper in Flüssigkeiten; von Theodor Scheerer.*

Als ich vergangenen Herbst mit Hrn. Schleiden, Bergwerksbeamten aus Mexico, eine Reihe von Versuchen über die Amerikanische Amalgamation anstellte, fand sich hiebei eine Veranlassung, die Ursachen des schnelleren oder langsameren Absetzens aufgeschwemmter pulverförmiger Körper in nähere Betrachtung zu ziehen. Bei mehreren technischen Processen würde es nämlich keinen unerheblichen Vortheil gewähren, wenn man Mittel kennte, dieses Absetzen zu beschleunigen. Bereits während meines Aufenthaltes in Norwegen habe ich Versuche angestellt, welche die beschleunigte und vollkommene Klärung der (bei der Blaufarben-Fabrication) in den Mühlensümpfen befindlichen Eschel-Trübe zum Zwecke hatten. Ich gelangte damals zu dem Resultate — auf dessen technische Brauchbarkeit ich hier nicht weiter eingehe, — dafs sich eine solche Klärung am schnellsten durch Hervorbringung eines chemischen Niederschlages in der zu klärenden Flüssigkeit bewirken lasse. Setzt man zu letzterer z. B. eine Quantität Alaunsolution, welche verhältnifsmäfsig nur sehr gering zu seyn braucht, und fügt dann eine entsprechende Menge Ammoniak oder kohlensaures Ammoniak hinzu, so reicht die ausgefällte kleine Quantität von Thonerde hin, das Aufgeschwemmte innerhalb weniger Stunden zum Absetzen zu bringen, während aufserdem viele Tage, ja selbst Wochen und Monate dazu erforderlich gewesen wären. Hr. Schleiden theilte mir nun mit, dafs er in Mexico zufällig einmal beobachtet habe, wie eine Vitriol-Solution (ob Kupfer- oder Eisen-Vitriol, erinnere ich mich nicht mehr genau), welche in eine von der Amalgamation herrührende trübe Flüssigkeit gegossen worden sey, binnen kurzer Zeit die

Klärung der letzteren bewirkte. Anfangs glaubte ich, dafs der Grund hievon ebenfalls in der Bildung eines chemischen Niederschlages läge, fand aber später rathsam, genauere Untersuchungen hierüber anzustellen. Dieselben haben das Resultat gegeben: dafs gewisse Solutionen, *ohne Erzeugung eines chemischen Niederschlages*, allerdings einen sehr entschiedenen Einflufs auf das Absetzen suspendirter Pulver ausüben. Folgendes ist das Nähere hierüber.

1. *Versuche mit Pochtrübe von der Grube Himmelfahrt bei Freiberg.* Das aus dem Aufbereitungs-Gebäude (dem Pochwerke und der Erzwäsche) dieser Grube kommende trübe Wasser geht in einen, im Freien befindlichen grofsen Sumpf, aus welchem es durch einen Abflufs in die Mulde geleitet wird. In diesem Sumpfe setzen sich, durch das längere Verweilen des Wassers darin, sehr silberarme Schlämme ab, während die aus dem Sumpfe fliefsende Trübe noch silberärmere Partikel (besonders Gang- und Gebirgsarten) aufgeschwemmt enthält. Einige Flaschen, welche mit der unmittelbar von der Aufbereitung kommenden Trübe angefüllt waren, wurden gegen vier Tage hingestellt, nach welcher Zeit die über dem Absatze befindliche, immer noch trübe Flüssigkeit abgegossen und zu Versuchen angewendet wurde. Zwölf Bechergläser von gleicher Form und Gröfse wurden mit gleichen Mengen der Flüssigkeit gefüllt, und jedes Becherglas, mit Ausnahme eines derselben, erhielt einen Zusatz von einer der unten benannten concentrirten Salzlösungen oder Säuren. Von den concentrirten Salzlösungen betrug der Zusatz etwa 1 Volum-Procent, von den Säuren die Hälfte. In das Becherglas, welches keinen solchen Zusatz erhielt, wurde dafür 1 Volum-Procent reines Wasser nachgegossen. Hierauf wurden alle Flüssigkeiten gleichzeitig umgerührt und alsdann in Ruhe gelassen. Hinsichtlich einer früher oder später eingetretenen Klärung ergab die Beobachtung folgende Resultate.

Erster Versuch:

(Anfang des Versuchs: den 14. October $8\frac{1}{4}$ Uhr Morgens.)

Art der Flüssigkeit.	Beobachtungs-Zeiten.					
Pochtrübe mit Zusatz von:	14. October 1 Uhr Nachm.	15. October 8 Uhr Morg.	15. October 4 Uhr Nachm.	16. October 8 Uhr Morg.	17. October 8 Uhr Morg.	25. October 8 Uhr Morg.
1. VVasser	Unverändert	Spur von Absatz	Sehr wenig Absatz	Sehr wenig Absatz	Sehr wenig Absatz	Januar noch trübe
2. Kohlensaurem Natron	Unverändert	Spur von Absatz.	Sehr wenig Absatz	do.	do.	Noch trübe
3. Phosphors. Natron	Viel Absatz	Fast ganz klar	— [1])	—	—	—
4. Kochsalz	Unverändert	Spur von Absatz	Sehr wenig Absatz	do.	do.	Noch trübe
5. Salmiak	Unverändert	Spur von Absatz	Sehr wenig Absatz	do.	do.	Noch trübe
6. Schwefels. Natron	Unverändert	Spur von Absatz	Sehr wenig Absatz	do.	do.	Noch trübe
7. Alaun	Viel Absatz	Fast klar	Fast klar	Fast ganz klar	—	—
8. Kupfervitriol	Viel Absatz	Fast klar	do.	Fast ganz klar	—	—
9. Eisenvitriol	Viel Absatz	Fast klar	do.	Fast ganz klar	—	—
10. Salpetersäure	Viel Absatz	Fast klar	do.	Fast ganz klar	—	—
11. Salzsäure	Viel Absatz	Fast klar	do.	Fast ganz klar	—	—
12. Schwefelsäure	Viel Absatz	Fast klar	Fast ganz klar	—	—	—

1) Die Striche deuten die eingetretene vollkommene Klärung der Flüssigkeit an.

Obgleich sich auf diese Weise die eigenthümliche Einwirkung verschiedener Solutionen auf die Pochtrübe in ganz unerwartetem Grade zu erkennen gab, hielt ich es doch für nothwendig, eine Widerholung des Versuches anzustellen. Diefsmal bediente ich mich der aus dem gedachten Sumpfe abfliefsenden, also bereits geklärteren Trübe. Eine Quantität derselben, in Flaschen geschöpft, wurde 14 Tage aufbewahrt, und darauf vorsichtig von dem entstandenen Bodensatze abgegossen. Sie bildete eine stark durchscheinende, emulsionartige Flüssigkeit, von solcher Feinheit der darin suspendirten Partikel, dafs dieselben durch ein Filtrum von Schwedischem Filtrirpapier gingen. Neunzehn Bechergläser wurden mit dieser Trübe wie beim vorigen Versuch gefüllt, und erhielten Zusätze verschiedener Solutionen. Von den concentrirten Salzlösungen wendete ich diefsmal aber 4 Volum-Procente, und von den Säuren 2 Volum-Procente an. Ein Becherglas erhielt, wie das vorige Mal, einen entsprechenden Zusatz von reinem Wasser.

Zweiter Versuch.

(Anfang des Versuchs: den 28. October 9½ Uhr Morgens.)

Art der Flüssigkeit.	Beobachtungs-Zeiten.					
Pochtrübe mit Zusatz von:	28. October 1 Uhr Nachm.	29. October 8 Uhr Morg.	30. October 8 Uhr Morg.	31. October 9 Uhr Morg.	1. November 9 Uhr Morg.	20. November 9 Uhr Morg.
1. Wasser	Unverändert	Kaum verändert	do.	do.	do.	Noch nicht klar
2. Kohlens. Natron	Geringer Absatz	Etwas klarer	do.	do.	do.	Noch nicht klar
3. Dopp. kohlens. Natron	Geringer Absatz	Etwas klarer	do.	do.	do.	Noch nicht klar
4. Oxals. Ammoniak	Geringer Absatz	Etwas klarer	do.	do.	do.	Noch nicht klar
5. Dopp. chroms. Kali	Kaum merklich verändert	do.	do.	Wenig verändert	do.	Noch nicht klar
6. Phosphors. Natron	Starker Absatz	—	—	—	—	—
7. Kochsalz	Unverändert	do.	do.	do.	do.	Noch nicht klar
8. Salmiak	Unverändert	do.	do.	do.	do.	Noch nicht klar
9. Schwefels. Natron	Kaum merklich verändert	do.	do.	do.	do.	Noch nicht klar
10. Salpeter	Kaum merklich verändert	do.	do.	do.	do.	Noch nicht klar

Art der Flüssigkeit.	Beobachtungszeiten.					
Pochtrübe mit Zusatz von:	28. October 1 Uhr Nachm.	29. October 8 Uhr Morg.	30. October 8 Uhr Morg.	31. October 9 Uhr Morg.	1. November 9 Uhr Morg.	20. November 9 Uhr Morg.
11. Alaun	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
12. Kupfervitriol	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
13. Eisenvitriol	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
14. Dopp. schwefels. Kali	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
15. Phosphorsäure	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
16. Weinsteinsäure	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
17. Salzsäure	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
18. Salpetersäure	Etwas klarer	Ziemlich klar	—	—	—	—
19. Schwefelsäure	Etwas klarer	Fast klar	—	—	—	—

Die flockige Beschaffenheit des Absatzes in den beiden Flüssigkeiten, welche phosphorsaures Natron und Phosphorsäure enthielten, liefs mich vermuthen, dafs das Wasser der Pochtrübe eine geringe Menge eines aufgelösten Kalksalzes enthalte, wodurch alsdann die schnelle Klärung dieser beiden Flüssigkeiten leicht erklärlich war. Mittelst widerholten Filtrirens der Pochtrübe durch ein doppeltes Filtrum gelang es, die suspendirten Partikel der Pochtrübe abzuscheiden. Das erhaltene klare Wasser ward eingedampft und in der That kalkhaltig befunden. Mithin müssen nicht allein die Versuche mit phosphorsaurem Natron und Phosphorsäure, sondern auch die mit kohlensaurem Natron, doppelt kohlensaurem Natron und oxalsaurem Ammoniak für unseren Zweck aufser Betracht gesetzt werden. Dafs der sich bildende kohlensaure und oxalsaure Kalk keine so schnelle Klärung zur Folge hatte wie der phosphorsaure Kalk, liegt ohne Zweifel darin, dafs die ersten beiden Niederschläge *pulverförmig* sind, während sich der phosphorsaure Kalk als eine *schleimig-voluminöse* Masse abscheidet. Bei den übrigen Salzen und Säuren können wohl schwerlich derartige chemische Einflüsse auf das Absetzen der suspendirten Partikel ausgeübt worden seyn. Die schnellere oder langsamere Klärung ist hier offenbar die Folge eines eigenthümlichen Processes. Um jeden möglichen Zweifel hierüber zu heben, der in der chemischen Einwirkung der Salze und Säuren auf die feinen Partikel begründet werden könnte, stellte ich noch folgenden Versuch an.

2. *Versuch mit aufgeschwemmtem Quarzpulver.* Sehr fein gepulverter Quarz wurde mit concentrirter kochender Salzsäure behandelt, gut ausgesüfst und dann geglüht. Das so erhaltene Pulver wurde mit destillirtem Wasser angerührt. Nach Verlauf von zwei Tagen hatte sich eine durchscheinende Trübe gebildet, welche vom Bodensatze abgegossen, umgeschüttelt und zum Versuche verwendet wurde.

Der Zusatz von den Salzlösungen betrug diefsmal 8 Volum-Procente, und der von den Säuren 4 Volum-Procente.

Dritter Versuch.

(Anfang des Versuchs: den 22. Nov. 9½ Uhr Morgens.)

Art der Flüssigkeit.	Beobachtungs-Zeiten.		
Quarztrübe mit Zusatz von:	23. November 8 Uhr Morg.	4. December 8 Uhr Morg.	15. December 8 Uhr Morg.
1. Wasser	Unverändert	Fast unverändert	Noch nicht klar
2. Kohlens. Natron	Unverändert	Fast unverändert	Noch nicht klar
3. Phosphors. Natron	Unverändert	Fast unverändert.	Noch nicht klar.
4. Kochsalz	Klarer geworden	do.	Noch nicht ganz klar
5. Alaun	〃	〃	〃
6. Kupfervitriol	〃	〃	〃
7. Eisenvitriol	〃	〃	〃
8. Salzsäure	〃	〃	〃
9. Schwefelsäure	〃	〃	〃

Hiernach hat es den Anschein, dafs vorzugsweise die *sauer* reagirenden Lösungen den Absatz von aufgeschwemmten Pulvern beschleunigen. Es entsteht nun die Frage: auf welche Weise diese Wirkung von ihnen ausgeübt werde? Unter den mancherlei Umständen, welche bei einer solchen Präcipitation von Einfluſs sind, spielen besonders das specifische Gewicht und die Synaphie (Cohäsion) der Flüssigkeit wesentliche Rollen. Da das specifische Gewicht des reinen Wassers geringer ist, als des mit Salzen oder Säuren gemischten, so muſs — wenn wir uns diesen Umstand allein wirkend denken — ein und dasselbe Pulver sich im reinen Wasser eher zu Boden setzen, als in dem salz- oder säurehaltigen. Die obigen Versuche stimmen hiermit durchaus nicht überein; folglich muſs es einen anderen Umstand geben, welcher dem Einfluſs des specifischen Gewichtes mehr oder weniger entgegenwirkt. Ist dieſs vielleicht die verschieden starke Synaphie der verschiedenen Flüssigkeiten? Es ist bereits bekannt, dafs alles mit Salzen oder

Säuren versetzte Wasser eine geringere Synaphie besitzt, als das chemisch reine. Obwohl ich den hierüber vorhandenen Versuchen keinesweges mifstraute, wünschte ich doch mich hiervon durch eigene Erfahrung zu überzeugen. Zuerst bediente ich mich zu diesem Zwecke einer an einem Waagebalken aufgehängten horizontalen Glasplatte, welche mit ihrer unteren Fläche in die betreffende Flüssigkeit eingetaucht, und deren Abreifsungs-Widerstand durch Gewichte auf der freien Waageschale gemessen wurde. Ich machte aber bald hierbei die Erfahrungen früherer Experimentatoren, dafs nämlich diese anscheinend so einfache Methode mit vielen Schwierigkeiten verknüpft ist, welche die Resultate oft in hohem Grade schwankend machen [1]). Nach manchen vergeblichen Versuchen gelang es endlich, folgendes Resultat zu ermitteln. Wasser, in verschiedenem Grade mit Schwefelsäure versetzt, zeigte folgende Synaphie-Verhältnisse:

						Abreifsungs-Widerstand in Grammes.
1 Volthl.	Schwefels.	und	96	Volthl.	Wasser	13,746
1 »	»	»	48	»	»	13,554
1 »	»	»	24	»	»	12,831
1 »	»	»	12	»	»	11,127.

Bei mehreren auf gleiche Art angestellten Versuchen kamen Schwankungen bis zu 0,100 vor. Die Schwierigkeiten dieser Methode bestimmten mich, einen anderen Weg zur Ermittlung der relativen specifischen Kräfte einzuschlagen. Ich wählte dazu die Bestimmung der bei den verschiedenen Flüssigkeiten stattfindenden Gröfse ihrer Tropfen. Ein Tropf-Apparat wurde ganz einfach aus zwei gebogenen Glasröhren construirt, welche, durch Kautschuk *u*-förmig verbunden, mit einer Stell-Vorrichtung so combinirt wurden, dafs man die Schnelligkeit, mit wel-

1) Unter Anderem fand ich auch die paradoxe Erscheinung, auf welche zuerst Frankenheim aufmerksam gemacht hat, vollkommen bestätigt, dafs der Abreifsungs-Widerstand durch Luftblasen, welche sich unten an die Glasplatte legen, nicht etwa abnimmt, sondern *wächst*.

cher die Tropfen aus dem etwas zugespitzten Ende der freien Röhre hervordrangen, mittelst einer Schraube, — welche dieses Röhrentheil hob oder senkte — willkührlich verändern konnte. Bei einem Tropfenfall, der den Pendel-Schwingungen einer Wanduhr entsprach, besafsen 100 Tropfen der folgenden Flüssigkeiten die angegebenen Gewichte.

100 Tropfen von:	wogen in Grammes:
Reinem Wasser	5,106
1 Volthl. Soda-Solut. und 12 Volthl. Wasser	4,928
1 » Schwefelsäure » 24 » »	4,915.

Unter gleichen Umständen angestellte Versuche wichen kaum mehr als einige Milligrammes von einander ab [1]). Um das relative Gröfsen-Verhältnifs der Tropfen zu erfahren, müssen die angeführten absoluten Gewichte durch die betreffenden specifischen dividirt werden. Das specifische Gewicht der Sodalösung war = 1,007, das der verdünnten Schwefelsäure = 1,051.

	Relativ. Gröfsen-Verhältnifs der Tropfen.
Reines Wasser	5,106
1 Volthl. Soda-Solut. und 12 Volthl. Wasser	4,894
1 » Schwefelsäure » 24 » »	4,677.

Folglich hat von diesen drei Flüssigkeiten das Wasser die stärkste Synaphie, darauf folgt die Soda-Solution und dann die verdünnte Schwefelsäure.

Man hat bekanntlich früher angenommen, (Frankenheim's Lehre von der Cohäsion, S. 227) dafs das Ab-

1) Durch Beschleunigung des Tropfenfalles wurden die Tropfen nicht unbedeutend gröfser, wie sich aus dem Gewicht derselben ergab. So z. B. wogen 100 Tropfen der Sodasolution, welche so schnell gefallen waren, als ihre genaue Zählung zuliefs, 4,984 Grm., und 100 Tropfen der verdünnten Schwefelsäure unter gleichen Umständen 4,960 Grm. Bei verzögertem Tropfenfall (bedeutend langsamer als der Schlag der Wanduhr) betrug dagegen das entsprechende Gewicht bei der verdünnten Schwefelsäure nur 4,836 Grm.

setzen pulverförmiger Körper in einer Flüssigkeit von starker Synaphie schneller vor sich gehe, als in einer von schwächerer; im Wasser also schneller, als in verdünnten Säuren oder Salzlösungen. Dieser Annahme wird durch die angeführten Versuchen völlig widersprochen, während es sich zugleich herausstellt, dafs das Absetzen aufgeschwemmter Pulver — aufser von den bereits zuvor bekannten Verhältnissen — von einem Umstande abhängig seyn müsse, welcher mit der elektro-negativen (sauern) Reaction der Flüssigkeit im Zusammenhange zu stehen scheint.

Weit davon entfernt zu glauben, eine gründliche Darlegung dieser Thatsache gegeben zu haben, ist es blofs meine Ansicht, die Physiker auf ein Phänomen aufmerksam zu machen, welches einer genaueren Untersuchung und weiteren Verfolgung nicht unwerth seyn dürfte.

Freiberg, den 8. Januar 1851.

IX. *Beobachtungen an pleochromatischen Krystallen; von Beer in Bonn.*

Unsere Kenntnifs von den Gesetzen des Pleochroismus krystallisirter Körper ist trotz der Arbeiten eines Brewster, Babinet, und Haidinger unstreitig noch als mangelhaft zu bezeichnen. Abgesehen davon, dafs wir auch nicht für einen einzigen Körper eine hierauf bezügliche photometrische Bestimmung besitzen, ist bisher nicht einmal das Verhalten pleochromatischer Krystalle gegen verschieden gefärbtes homogenes Licht näher betrachtet worden. Deshalb hoffe ich, dafs die Beobachtungen, welche ich hier mittheile, und bei welchen ich insbesondere auf jenes Verhalten mein

Augenmerk gerichtet habe, nicht unberücksichtigt bleiben werden, so wenig sie auch vollständig zu heifsen beanspruchen. Die meisten Angaben über die übrigen optischen Verhältnisse der untersuchten Körper, welche ich zur besseren Orientirung beigefügt, sind den beiden in Bd. 81, S. 162 und Bd. 82 S. 42 dieser Annalen veröffentlichten Untersuchungsreihen von Professor Plücker und mir entnommen.

A. Einaxige Krystalle.

Um im Ausdrucke an Kürze zu gewinnen, will ich durch O die Färbung oder den Grad der Helligkeit bezeichnen, welche eine parallel mit der Axe geschnittene Platte des Krystalles zeigt, wenn bezüglich weifses oder einfarbiges Licht, dessen Polarisations-Ebene mit der Axe parallel ist, senkrecht auffällt. E sey die Farbe oder Helligkeit der Platte, wenn die Polarisations-Ebene des durchgeschickten Lichtes auf der Axe senkrecht steht, M endlich, wenn jene Ebene mit der Axe einen Winkel von 45° einschliefst. O bedeutet also bei Anwendung von weifsem Lichte die Nüance des ordentlichen Strahles, E diejenige des aufserordentlichen Strahles, welche von O am meisten abweicht, M die Mischfarbe von O und E. Beim Hindurchsehen nach der Axe erscheint der Krystall in weifsem unpolarisirtem Lichte in der Tinte O; sieht man nach einer auf der Axe senkrechten Richtung durch denselben, so erblickt man die Tinte M.

1) An einer Reihe von Exemplaren des negativen *Turmalins* machte ich folgende Beobachtungen.

Erste Varietät. Dicke $D = 5^{mm}$. M: Weifs mit einem Stich ins Gelbe. E: Weifs. O: Gelblich.

Zweite Varietät. $D = 2^{mm}$. M: Röthlich mit einem Stich ins Violette. E: Gelb. O: Bräunlich-roth mit einem Stich ins Violette.

Dritte Varietät. $D = 3^{mm}$. M für die eine Hälfte: Sehr schwach gelblich, für die andere Hälfte: Sehr schwach

röthlich. Erste Hälfte. — *E*: Weifs. *O*: Gelblich. Zweite Hälfte. *E*: Weifs. *O*: Röthlich.

Vierte Varietät. $D=2\frac{1}{2}^{mm}$. *M* an der Basis farblos, hierauf schwach gelblich, an der in reflectirtem Lichte schwarz erscheinenden Spitze dunkel Braunroth. — Basis. *E* und *O*: Weifs. — Mitte. *E*: Weifs. *O*: Gelblich. — Spitze. *E*: Bräunlichroth mit einem Stich ins Violette. *O*: Schwarz.

Fünfte Varietät. $D=3^{mm}$. — Erste Hälfte. *M*: Gelblichweifs. *E*: Weifs. *O*: Gelblich mit einem Stich ins Grüne. — Zweite Hälfte. *M*: Gelbgrünlich. *E*: Grünlich. *O*: Gelbbraun.

Sechste Varietät. $D=3^{mm}$. *M*: Pistaziengrün. *E*: Hellpistaziengrün. *O*: Gelbbraun.

Zeigte sich bei Anwendung von gelbem, rothem oder blauem Lichte ein Unterschied in der Intensität des ordentlichen und aufserordentlichen Strahles, so war es immer der erste, welcher am meisten absorbirt erschien.

2) *Rauchtopas* von St. Gotthard. Positiv. $D=100^{mm}$. *M*: Gelblichbraun. *O*: Bräunlichweifs mit einem Stich ins Gelbe. *E*: Bräunlichgelb.

In blauem und rothem Lichte erschien *O* heller als *E*. Für gelbes Licht war der Unterschied zwischen *O* und *E* unmerklich.

3) *Amethyst.* $D=30^{mm}$. *O*: Helles Rothviolett. *E*: dunkles Blauviolett. *M*: Violett.

4) *Idrokras* aus Piemont. Negativ. $D=3-10^{mm}$. *M*: Pistaziengrün. *O*: Gelb. *E*: Grasgrün.

In dem blauen Theile des Spectrums erschien mir *E* heller als *O*, in dem grünen Theile besafsen beide gleiche Helligkeit, in dem gelben und rothen Theile endlich fand ich *O* heller als *E*. Dasselbe Resultat erlangte ich in gelbem Lichte, welches die Flamme des gesalzenen Weingeistes lieferte, und in blauem und rothem durch gefärbte Gläser erhaltenem Lichte.

5) Unter einer Anzahl von *Kalkspäthen* fand ich den deutlichsten Dichroismus an einer milchig gefärbten hexa-

gonalen Säule. In weifsem Lichte war *O*: Grau, *E*: Weifs In einfarbigem Lichte, besonders auffällig in blauem, zeigte sich *E* am hellsten.

Während Brewster in seiner Optik für den *Honigstein O* als Gelb, *E* als Bläulichweifs bezeichnet, konnte ich bei einer tief weingelben, stellenweis orangefarbenen Varietät dieses Minerals, die aus dem Harze stammte, weder bei Anwendung von weifsem, noch homogenem Lichte den geringsten Unterschied zwischen jenen beiden Tinten entdecken.

Ich untersuchte ferner vorgebens auf Dichroismus: Mehrere Exemplare gelben und bläulichgrünen Beryll, gelbe Augitkrystalle, schwefelsaures Nickeloxyd, essigsaures Kalikupferoxyd, Kaliumeisencyanür.

B. Zweiaxige Krystalle.

a. Klinometrische Krystalle.

6) Unter den Krystallen mit zwei Axen doppelter Strahlenbrechung ist der *Cordierit* in Bezug auf Vielfarbigkeit bei weitem der ausgezeichneteste. Diese seine merkwürdige Eigenschaft ist oftmals, am vollständigsten von Haidinger, beschrieben worden. Seinen Angaben füge ich folgende Bemerkungen hinzu.

Dafs die Mittellinie, welche den Winkel 62° 50′ der optischen Axen halbirt mit der Axe der Säule von nahe 120° zusammenfällt, ist bekannt. Die Lage der Ebene jener Axen aber finde ich nirgends bestimmt angegeben. An einer Rectangulär-Säule von 4,5^{mm} Länge und Breite und 3^{mm} Höhe (gemessen in der auf beiden Axen senkrechten Richtung), die ich mir aus einem Cordierit-Gerölle von Ceylon schneiden liefs, beobachtete ich nun Spaltungs-Risse, die der Ebene der optischen Axen genau parallel laufen, woraus ich schliefse, dafs jene Ebene mit der vollkommensten Spaltungsfläche, d. i. mit dem durch die kurze Diagonale der Säule von etwa 120° gehenden Hauptschnitt parallel sey. Der Cordierit zeigt bekanntlich eine negative

tive Doppelbrechung. Den Winkel, welchen die optischen Axen für violettes Licht einschliefsen, fand ich gröfser als den für minder brechbare Strahlen.

Bezeichnen wir die Färbung oder bei homogenem Lichte die Intensität der Lichtstrahlen, deren Polarisations-Ebene auf der ersten Mittellinie (der Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen) mit O_1, und bedeuten O_2 und O_3 dasselbe für Strahlen, deren Polarisations-Ebene bezüglich auf der zweiten Mittellinie und der Normalen senkrecht steht, so ist:

O_1: Gelblich, O_2: Berlinerblau, O_3: Bläulich.

Da der Cordierit ein negativer Krystall ist, so entspricht O_1 der gröfsten Fortpflanzungs-Geschwindigkeit, so wie der gröfsten optischen Elasticität, O_2 entspricht den *minimis* jener Gröfsen, O_3 endlich gehört den Strahlen von mittlerer Geschwindigkeit an.

Indem ich einfarbiges rothes, gelbes und blaues Licht durch den Krystall schickte, fand ich jedesmal O_1 am hellsten, O_2 am dunkelsten. Die Differenz der Intensitäten O_1 und O_3 erschien mir für die drei erwähnten Arten homogenen Lichtes, besonders für gelbes Licht, geringer als der Unterschied zwischen O_2 und O_3. Beide Unterschiede aber sprangen am meisten bei gelbem, am wenigsten bei blauem Lichte in die Augen.

7) Staurolith.

Die Ebene der optischen Axen geht durch die scharfen Kanten der Säule von 129° 20′, deren Axe die erste Mittellinie ist. Diese verhält sich sowohl in Bezug auf den Charakter der Doppelbrechung, als auch in Bezug auf die Dispersion der Axen für verschiedene Strahlen wie die erste Mittellinie des Topases. Die Neigung der optischen Axen beträgt etwa 85°. An Platten von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ Mm. Dicke beobachtete ich:

O_1: Blutroth, O_2 und O_3: Orange.

Bei Anwendung von gelbem und rothem Lichte erwies sich O_1 dunkler als O_2 und O_3, während die beiden letz-

terern keinen merklichen Unterschied verriethen. Die Intensitäts-Verschiedenheit war in gelbem Lichte ungleich gröfser als in rothem.

Blau gefärbtes Licht konnte die Platten nicht durchdringen.

8) Kaliumeisencyanid.

Die Axe der Säule von 103° 56′ halbirt den Winkel 19° 35′ der optischen Axen, deren Ebene durch die scharfen Kanten geht. Die Axen für violettes Licht schliefsen die für rothes ein. Die Doppelbrechung ist positiv.

1) $D = 1 - 4^{mm}$. O_1: Blutroth. O_2: Orange.

2) $D = 3 - 4^{mm}$. O_1 und O_3: Blutroth.

3) In einem sehr dünnen senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittenen Plättchen erschien O_2: Gelb, O_3: Orange. Ein zweites solches von 2^{mm} Dicke zeigte O_2: Orange, O_3: Blutroth.

In gelbem Lichte war O_2 heller als O_3 und O_1; die Intensität der beiden letzteren aber konnte nicht sicher verglichen werden. In rothem Lichte ergaben sich keine merklichen Unterschiede, und blaues Licht wurde ganz verschluckt.

9) Brasilianischer Topas.

Die Axe der Säule von 55° 41′ ist erste, ihre kurze Diagonale zweite Mittellinie. Der Winkel der optischen Axen beträgt durchschnittlich 50°; er ist gröfser für rothes als für violettes Licht. Positive Doppelbrechung.

a) Gelbe Varietät.

1) $D = 13^{mm}$. O_2: Goldgelb. O_3: Gelb.

2) $D = 5^{mm}$. O_1 und O_3: Gelblich. O_3: heller als O_1.

3) $D = 8^{mm}$. O_1: Gelb mit einem Stich ins Braune. O_2: Goldgelb.

In blauem Lichte war O_2 merklich dunkler als O_1 und O_3. Gelbes und rothes Licht liefsen keine sichere Unterscheidung zu.

b) Rosafarbene Varietät.

1) $D=7^{mm}$. O_1: Rosa. O_2: Helles Citronengelb.

2) $D=6^{mm}$. O_1: Rosa. O_3: Rosa mit einem Stich ins Gelbe.

3) $D=9^{mm}$. O_2: Citronengelb. O_3: Rosa.

Bei Anwendung von rothem Lichte vermochte ich keine sicheren Differenzen zu finden. In gelbem und blauem Lichte jedoch, besonders in letzterem, erschien O_2 am hellsten, und O_1 am dunkelsten.

Da die Doppelbrechung des Topases positiv ist, so entspricht O_1 dem Minimum, O_2 dem Maximum der Geschwindigkeit und Elasticität.

10) Schwerspath aus Böhmen.

Die Ebene der optischen Axen geht durch die stumpfen Kanten der Grundform der Säule von 101° 40'. Die Brachydiagonale der letzteren halbirt den Winkel der optischen Axen, der für violette Strahlen am gröfsten ist, und für mittlere Strahlen 37° 42' beträgt. Positive Doppelbrechung.

1) $D=7^{mm}$. O_2: Gelblich. O_1: Sehr helles Violett. O_1 dunkler als O_2.

2) $D=4^{mm}$. O_3: Sehr hell gelblich. O_1: Sehr helles Bräunlich-Violett.

3) $D=10^{mm}$. O_2: Helles Braungelblich. O_3: Hellgelb. In einfarbigem Lichte konnten keine sicheren Unterscheidungen gemacht werden.

11) Arragonit.

Die Axe der Säule von 63° 44' ist erste, ihre Makrodiagonale zweite Mittellinie. Der Winkel der optischen Axen, welcher mit der Brechbarkeit wächst, beträgt durchschnittlich 19°. Negative Doppelbrechung.

In einer gelblichen Varietät fand ich bei einer Dicke von 8^{mm} O_1: weifs, O_2 und O_3 schwach gelblich und dunkler gefärbt.

12) Brookit.

Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht auf den Streifen der Platte, welche dieses Mineral zeigt, also auf der Hauptaxe der Grundform. Die erste Mittellinie steht auf jenen Platten senkrecht und fällt sonach mit der langen Diagonale zusammen (die Ebene der Platten wird nämlich durch $\infty \breve{P} \infty$ bezeichnet). Der Winkel der optischen Axen ist für rothes Licht merklich gröfser als für violettes, überhaupt aber klein, so dafs beide Ringsysteme unter dem Polarisations-Mikroskope gleichzeitig wahrgenommen werden können. Für $D = \frac{1}{2}^{mm}$ ist O_3: Orange, O_2: Gelb. O_2 nimmt bei wachsender Dicke, ins Braune übergehend, an Helligkeit rascher ab als O_3, das dabei röther wird.

Während gelbes Licht keine Intensitäts-Unterschiede verrieth und blaues Licht den Krystall nicht durchdrang, erschien O_3 in rothem Lichte heller als O_2.

Unter den gefärbten isoklinischen Krystallen habe ich schwefelsaures Nickeloxyd und chromsaure Magnesia vergebens auf Pleochroismus untersucht.

b. Monoklinische Krystalle.

13) Rothbleierz.

Nach einer Notiz von Nörremberg fällt die erste Mittellinie mit der Axe der Säule von 93° 44′ zusammen. $D = 2^{mm}$ fand ich O_1: Bluthroth, O_2: und O_3: Orange.

In gelbem Lichte erschienen O_2 und O_3 dunkler als O_1, während in rothem Lichte sich keine merklichen Differenzen offenbarten und blaues Licht den Krystall nicht durchdrang.

14) Essigsaures Kupferoxyd.

Die beiden optischen Axen liegen in der symmetrischen Ebene, welche durch die scharfen Kanten der Säule von 108° geht. Die erste Mittellinie liegt in dem stumpfen Winkel der auf die erwähnten Kanten und die Basis herabgelassenen Perpendikel und weicht von der Normalen der letzteren nicht sehr ab, so dafs, da überdiefs der Win-

kel der optischen Axen nicht grofs ist, die beiden Ringsysteme durch die Basis beobachtet werden können, das eine begreiflicherweise besser als das andere. Die Doppelbrechung ist positiv. Für $D = 1^{mm}$ ist O_2: Tiefblau, O_3: Tiefgrün. O_1 erwies sich ebenfalls bei gleicher Dicke als Tiefgrün. Die Tinte O_3 war heller als O_2, aber, wie es schien, eben sowohl homogen als diese. In blauem Lichte erschienen O_1 und O_3 dunkel. Aus der Angabe Brewster's über diesen Körper (in seiner Optik) folgt, dafs für die von ihm untersuchte Platte, zweifelsohne wegen ihrer geringeren Dicke, die Tinte O_3 eine beträchtliche Quantität von weifsem Lichte beigemischt enthielt. Wir schliefsen aus allem diesem, dafs, während für blaue Strahlen O_2 die gröfste Intensität gewinne, in den weniger brechbaren Theilen des Spectrums jene Grundtinte am dunkelsten erscheine.

15) Glimmer.

In einer dunkelbraunen Varietät fand ich, dafs die optischen Axen in der symmetrischen Ebene liegen, welche durch die spitzen Kanten der Säule von etwa 120° geht. Die erste Mittellinie steht bekanntlich auf der vollkommenen Spaltungsfläche senkrecht. Der Winkel der optischen Axen, welcher für rothe Strahlen gröfser ist, als für violette, nimmt bei verschiedenen Varietäten verschiedene Werthe an.

Ich beobachtete O_2: Orange ins Rothe, O_3: Orange ins Gelbe. Gelbes Licht liefs O_3 merklich heller als O_2 erscheinen.

An mehren Exemplaren des Diopsides, an schwefelsaurem Eisenoxydul, Kupferoxyd-Kali, Nickeloxyd-Kali, Eisenoxydul-Kali konnte ich keinen Pleochroismus entdecken.

c. Triklinische Krystalle.

16) Doppelt-chromsaures Kali.

Bezeichnen wir die drei Flächen vollkommener Spaltung mit P, M und T, so ist:

$P:M =$ c. 95°, $P:T =$ c. 90°, $M:T =$ c. 84°.

Die Ebene der beiden Axenbündel steht senkrecht auf den Kanten MT, und das eine der Axenbündel auf der Fläche M. In diesem Bündel liegen die Axen für verschiedene Farben alle in der durch das zweite Bündel gehenden Ebene, und zwar liegen die für brechbarere Strahlen diesem zunächst.

In dem zweiten Bündel, welches gegen das erste um etwa 45° geneigt ist und innerhalb des stumpfen Winkels der Normalen von M und T liegt, sind die Axen für verschiedene Strahlen in einer Ebene zerstreut, die auf der Ebene der beiden Bündel senkrecht steht. Die Doppelbrechung ist positiv.

Die allgemeine Farbe dieses Salzes ist morgenroth. Von den drei Grund-Nüancen O_1, O_2 und O_3 enthält aber für $D=5^{mm}$ O_1 sehr merklich das meiste Gelb, O_2 das meiste Roth. In gelbem und rothem Lichte offenbarten sich keine sicheren Unterschiede, und blaues Licht wurde schon bei geringer Dicke vollständig verschluckt.

17) Cyanit. (Gleichmäfsig blaugefärbte Varietät.)

Die Neigungen der drei Spaltungsflächen sind:

$P:M=100°\,50'$, $P:T=93°\,15'$, $M:T=106°\,15'$.

Die erste Mittellinie steht auf M senkrecht, die zweite bildet mit den Kanten MT Winkel von etwa 35°. Der Winkel der optischen Axen beträgt 81° 48′; die Doppelbrechung ist positiv.

Ich fand O_2: Himmelblau, O_1 und O_3: Weifs mit einem Stich ins Gelbe bei einer Dicke von 3^{mm}. In gelbem Licht erschien O_2 dunkler als O_1 und O_3. In blauem Lichte waren die drei Tinten gleich hell.

Ungefärbte Cyanite und die hellen Theile, welche oft um einen blauen, den Krystall der Länge nach durchziehenden, Faden gelagert sind, zeigen keinen Unterschied zwischen den Intensitäten der drei Grundtinten.

Am triklinischen schwefelsauren Kupferoxyde vermochte ich keinen Pleochroismus zu entdecken.

Schlufsbemerkung. Es bedeute J die Intensität eines

Lichtstrahles von bestimmter Farbe, nachdem er eine der Linien-Einheit gleiche Strecke in einem pleochromatischen Mittel nach bestimmter Richtung durchlaufen hat. Seine Geschwindigkeit, gemessen nach der auf der Wellen-Ebene senkrechten Richtung, sey hierbei V. Dadurch, dafs der Lichtstrahl seine Richtung und in Folge dessen im Allgemeinen seine Geschwindigkeit ändert, nimmt J einen anderen Werth an. Der kleinen Zunahme v von V entspreche die Aenderung i von J. Unter den mitgetheilten Beobachtungen findet sich nun keine, welche der an sich sehr wahrscheinlichen Annahme widerspräche, dafs die Aenderung i in ein und demselben Mittel und für ein und dieselbe Farbe dasselbe Vorzeichen behaupte, oder, mit anderen Worten, dafs einer Zunahme der Geschwindigkeit (oder Elasticität, in Richtung der Oscillationen gemessen) entweder immer ein Wachsthum oder immer eine Abnahme der Absorption entspreche. Dafs sich aber das Vorzeichen von i für gleichgefärbtes homogenes Licht von einem Mittel zum anderen umkehre, beweisen die zahlreichen Ausnahmen von der Babinet'schen Regel, welche einer Zunahme der Geschwindigkeit *ceteris paribus* eine Zunahme der Intensität, also eine Abnahme der Absorptions-Gröfse zugeordnet seyn läfst. Und die Beobachtungen, welche wir über das Verhalten des Idokrases und des essigsauren Kupferoxydes mitgetheilt haben, nöthigen zu der Annahme, dafs auch in demselben Medium das Vorzeichen von i für verschiedene Farben wechselt. In der folgenden Tabelle habe ich das Vorzeichen von i für den gröfsten Theil der von mir untersuchten Krystalle und zwar für diejenigen Farben welche die zweite Columne enthält, angegeben. Es bedeutet *r*, *g*, *gr*, *b* bezüglich rothes, gelbes, grünes und blaues Licht. Ist die zweite Columne mit einem *M* ausgefüllt, so deutet diefs an, dafs die Grundtinten O_1, O_2 und O_3 schlechtweg in Bezug auf Helligkeit mit einander verglichen worden sind. Die Körper, welche ein positives i aufweisen, folgen der von Babinet aufgestellten Regel, während die mit negativem i versehenen ihr widerstreiten.

		δ.
Turmalin	r, g, b.	+
Rauchtopas	r, b.	+
Amethyst	M.	+
Kalkspath	M.	+
Idokras	r, g.	−
	gr.	0
	b.	+
Cordierit	r, g, b.	+
Staurolith	r, g.	+
Kaliumeisencyanid	g.	+
Topas, Varietät a.	b.	−
Topas, Varietät b.	g, b.	+
Schwerspath	M.	+
Arragonit	M.	+
Essigsaures Kupferoxyd	b.	+
	gr, g, r.	−
Glimmer	g.	+
Doppelt-chromsaures Kali	M.	−
Cyanit	g.	−

X. *Ueber den allmäligen Kraftverlust der Magnete, mit besonderer Rücksicht auf die Bestimmung der Variationen der erdmagnetischen Intensität; von Dr. Lamont.*

Wir besitzen eine vortreffliche Arbeit von Hansteen [1]) über den allmäligen Kraftverlust der Magnete, worin nachgewiesen wird, dafs die Gröfse des Verlustes nach geometrischem Verhältnisse abnimmt und die Magnete zuletzt auf einen constanten Stand gelangen.

Hansteen's Ansicht zufolge giebt es für jeden Magnet eine gewisse Quantität Magnetismus, die er permanent zu halten im Stande ist, und wenn man ihm vom Anfange eine gröfsere Kraft ertheilt, so verflüchtigt sich der Ueber-

1) *De mutationibus, quos subit momentum Virgae magneticae*; Christiania 1842.

schufs nach dem obigen Gesetze. Für magnetische Beobachtungen folgen daraus zwei wichtige Sätze:

1) dafs, wenn für einzelne Zeitpunkte der Kraftverlust ermittelt ist, man dessen Betrag für jede andere Zeit berechnen könne;
2) dafs es vortheilhaft sey, die Kraft der Magnete gleich vom Anfange bis auf den permanenten Stand zu vermindern.

Zu letzterem Zwecke schreibt Hansteen vor, die Magnete in warmem Wasser längere Zeit liegen zu lassen.

Bei der Einrichtung des hiesigen magnetischen Observatoriums hatte ich ebenfalls Gelegenheit über den Kraftverlust der Magnete mancherlei Erfahrungen zu machen, die im Allgemeinen mit Hansteen's Ansichten übereinstimmten, aber auch mehrere wesentliche Umstände erkennen liefsen, welche erst bei Anwendung feinerer Messungsmittel hervortraten.

Unter Anderem fand ich, dafs wenn man auch die Kraft eines Magnets durch Eintauchen abwechselnd in warmes und kaltes Wasser (was weit wirksamer ist, als wenn man die Magnete blofs in warmes Wasser hineinlegt) so weit vermindert hat, dafs kein fernerer Kraftverlust bei Fortsetzung der Operation sich zeigt, dennoch nach ein paar Tagen derselbe Magnet, so wie er wieder in warmes Wasser kommt, von Neuem einen Kraftverlust erleidet.

Die wichtigste Modification aber besteht darin, dafs der Kraftverlust nicht blofs, wie Hansteen annimmt, eine Function der *Zeit*, sondern auch zugleich eine Function der *Temperatur* ist. In der Wärme geht die Ausströmung schneller, in der Kälte langsamer vor sich, und ein Magnet, der im Winter vollkommen constant bleibt, läfst im Sommer wieder nach. Meinen bisherigen Erfahrungen zufolge möchte ich glauben, dafs, genau genommen, ein Magnet niemals constant wird: jede Erhöhung der Temperatur erschüttert gleichsam das magnetische Gleichgewicht, und ein Kraftverlust beginnt, der längere Zeit andauert, auch wenn die Temperatur sogleich wieder zurückgeht. (Wollte man

übrigens Gesetze für den Kraftverlust aufstellen, so möchten wohl die bisherigen Erfahrungen als unzureichend sich erweisen [1]); wenn aber auch theoretische Versuche jetzt noch zu früh kämen, so glaube ich auf der andern Seite, dafs es wenigstens zweckmäfsig ist, Denjenigen, welche mit dem Fache des Erdmagnetismus sich befassen, die Verhältnisse, wie sie in der Praxis vorkommen, vor Augen zu stellen, weil daraus Regeln sich folgern lassen, durch deren Berücksichtigung einerseits die ursprünglichen Beobachtungen an Zweckmäfsigkeit, andererseits die Resultatenberechnungen an Schärfe wesentlich gewinnen können. Mit dieser Absicht und um die jetzt noch sehr allgemein angenommene Meinung, dafs der Kraftverlust blofs von der Zeit abhänge, zu berichtigen, lasse ich hier den Kraftverlust der Ablenkungs-Magnete, die zu dem hiesigen Haupt-Intensitäts-Instrumente [2]) gehören, folgen, und zwar in absoluten Einheiten ausgedrückt:

Monat	Abnahme.		
	1846.	1847.	1848.
Januar	—	0,0000	0,0000
Februar	—	0	0
März	0,0007	0	0
April	30	2	8
Mai	60	28	28
Juni	92	73	45
Juli	96	66	56
August	102	66	56
September	84	55	47
October	42	35	40
November	18	23	18
December	4	10	4

1) Ich habe Ursache zu glauben, dafs der Kraftverlust auch von der Feuchtigkeit und dem Luftwechsel abhänge, so zwar, dafs Magnete, der Feuchtigkeit und der Luftbewegung ausgesetzt, schneller nachlassen, als wenn sie gegen beide Einflüsse geschützt sind. Diefs dürfte vielleicht von Oxydation herrühren.

2) Das Instrument, wovon hier die Rede ist, befindet sich nicht in dem unterirdischen Observatorium, sondern in der Bibliothek und ist seit dem Anfange des Monats März 1836 beobachtet worden. Die Ablenkungsmagnete sind compensirt, und wurden vor dem Gebrauche durch Eintauchen in warmes und kaltes Wasser constant gemacht.

Bei Bestimmung des Kraftverlustes habe ich die graphische Methode befolgt, die Sir J. Herschel für ähnliche Untersuchungen empfohlen hat: ich habe nämlich als Abscissen die Zeit und als Ordinaten den Kraftverlust, wie er aus jeder einzelnen absoluten Intensitäts-Bestimmung sich ergab, aufgezeichnet und dann eine stetige (von schnellen Einbiegungen freie) Curve gezogen, die so nahe als möglich durch die Endpunkte der Ordinaten ging.

Die Zahl der absoluten Messungen betrug:

im Jahre	1846 . . .	18
	1847 . . .	17
	1848 . . .	8.

Damit man genauer die Abhängigkeit des Kraftverlustes von der Temperatur übersehen könne, folgt hier die Angabe der Temperatur:

Monat	Temperatur.		
	1846.	1847.	1848
Januar	+ 2°,4	+ 0°,1	— 2°,2
Februar	3 ,9	1 ,0	+ 2 ,9
März	6 ,4	4 .0	5 ,1
April	8 ,1	5 ,2	9 ,5
Mai	12 ,5	13 ,6	12 ,2
Juni	16 ,0	12 ,1	14 ,5
Juli	16 ,9	15 ,7	15 ,4
August	16 ,8	15 ,7	15 ,8
September	14 ,8	11 ,5	13 ,3
October	10 ,6	8 ,8	10 ,0
November	5 ,0	4 ,9	4 ,3
December	+ 0 ,8	+ 1 ,7	+ 3 ,3

Eine Vergleichung der Temperatur und des Kraftverlustes zeigt sogleich, dafs nicht zur Zeit der gröfsten Wärme der Kraftverlust am gröfsten ist, vielmehr trifft der gröfste Kraftverlust beträchtlich *später* ein, wovon der Grund in der oben erwähnten Bemerkung, dafs die Wärme nachwirkt, zu suchen ist.

Für die zweckmäfsige Anstellung magnetischer Beobachtungen folgt aus dem Obigen, dafs es unbedingt nothwendig ist, von Zeit zu Zeit durch genaue absolute Be-

stimmungen den Kraftverlust bei den Magneten des Intensitäts-Instruments zu ermitteln, vorzugsweise im Frühjahre und im Spätherbst, wo die Kraftabnahme am wenigsten gleichmäfsig sich zeigt.

Es folgt ferner daraus, dafs es unmöglich ist, durch Variations-Instrumente, ohne öftere absolute Messungen, die tägliche Periode der Intensität und noch weniger die jährliche Periode zu bestimmen [1]).

Letztere Behauptung findet eine Bestätigung in der grofsen Verschiedenheit der von verschiedenen Beobachtern auf diesem Wege für die jährliche Periode erhaltenen Ergebnisse.

Zusatz. Der obige Aufsatz war schon vor zwei Jahren geschrieben: die darin entwickelten Grundsätze stimmen mit den neuern Beobachtungen vollkommen überein. Vom Anfange des Jahres 1849 bis zum Ende des Monats April fand kein merklicher Kraftverlust statt; im Mai fing der Kraftverlust an und wurde immer beträchtlicher bis zum August, wo er 0,0049 betrug. Hiernach trat eine allmälige Minderung ein. Im Winter blieben die Magnete wieder constant; aber schon im März 1850 konnte man neuerdings einen Kraftverlust wahrnehmen, der mit der steigenden Temperatur beträchtlicher wurde und ein Maximum $= 0{,}0042$ im Juli erlangte. Man sieht übrigens, dafs die Maxima der einzelnen Jahre in ziemlich regelmäfsiger Progression abnehmen.

München den 17. Februar 1851.

1) Indem man (wie ich es durchgängig bei den Beobachtungen des hiesigen Observatoriums gethan habe) den monatlichen Kraftverlust in der oben angedeuteten Weise bestimmt und in Rechnung bringt, ist übrigens nur eine erste Approximation erreicht. Will man genaue Resultate erhalten, so darf der Kraftverlust weder im Verlaufe des Tages, noch im Verlaufe des Monats als einfach der Zeit proportional angenommen werden.

XI. *Ueber die bewegende Kraft der Wärme; von Carl Holtzmann.*

Hr. R. Clausius hat in diesen Annalen über den oben bezeichneten Gegenstand eine Arbeit veröffentlicht, in welcher er von der ganz neuen Annahme ausgeht, dafs die Wärmemenge in einem Gase bei demselben Drucke und derselben Temperatur nicht dieselbe zu seyn brauche, sondern dafs dieser Begriff der Gesammtwärme ganz aufgegeben werden müsse, indem man für sie, je nachdem der Weg, auf welchem ein Gas in einen bestimmten Zustand gebracht wurde, ein anderer ist, auch andere Werthe erhalten müsse. Es ist diese Ansicht, wenn sie richtig ist, von der äufsersten Wichtigkeit für die ganze Lehre von der Wärme, indem es z. B. nach ihr bei der Bestimmung der specifischen Wärme nicht mehr auf die Beachtung des Anfangs- und des Endzustandes des erwärmten Körpers ankommt, sondern auch noch auf den besondern Weg, auf welchem der Körper in diesen Endzustand gebracht wurde, indem die hierzu verwendete Wärme, je nach diesem Wege, eine andere seyn mufs.

Clausius betrachtet, wie Carnot und Clapeyron, ein Gas, das sich bei der Temperatur t ausdehnt, indem man Wärme zuleitet; welches darauf ohne Aenderung der Wärme ausgedehnt und dabei abgekühlt wird, etwa bis zur Temperatur τ; drückt man nun dieses Gas zusammen, und leitet dabei die frei werdende Wärme auf einen Körper von der Temperatur τ ab, so kann man dieses Zusammendrücken so weit fortsetzen, dafs endlich, wenn man bei fernerem Zusammendrücken keine Wärme mehr ableitet, bei der Erreichung des früheren Volumens auch wieder die ursprüngliche Temperatur t erreicht wird. Bei den Veränderungen, welche hier mit dem Gase vorgenommen wurden, ist nun eine mechanische Arbeit erzeugt worden, und Clausius nimmt an, diese sey dadurch erzeugt,

dafs ein Theil der dem Gase mitgetheilten Wärme nicht mehr auf den Körper mit der Temperatur τ übergehen, sondern zu jener Arbeit verbraucht sey. Läfst man den Begriff der Gesammtwärme bestehen, so müfste hiernach die Gesammtwärme des Gases, wenn es den oben beschriebenen Weg durchlaufen hat und wieder in seinen Anfangszustand zurückgekehrt ist, um diese verbrauchte, latent gewordene Wärme gröfser seyn als anfänglich.

Carnot und Clapeyron nehmen an, es sey die bei dem oben beschriebenen Vorgange geleistete Arbeit die Wirkung der durch das Gas von einem Körper von der Temperatur t auf einen Körper von der Temperatur τ übergeführten Wärmemenge, welche bei diesem Uebergange keine Aenderung in ihrer Gröfse erlitten haben.

Nach der Ansicht von Clausius kann man also einem Gase, und ebenso jedem anderen Körper, jede beliebige Wärmemenge auf geeignetem Wege zuführen oder nehmen, ohne dafs dadurch der äufserlich wahrnehmbare Zustand des Körpers geändert würde. Wäre dieses der Fall, so müfste man allerdings den Begriff der Gesammtwärme fallen lassen. Sehen wir, ob diefs geboten sey.

Die Rechnung, wie sie Clausius aufstellt, giebt keinen Aufschlufs darüber, ob von der Wärme, welche dem Gase zugeführt wird, bei dem obigen Vorgange etwas zu Arbeit verbraucht werde, oder ob diese Wärme ungeschmälert auf den kälteren Körper übergehe; denn sie sagt nur, dafs diese verbrauchte Wärme

$$\left[\frac{d}{dt}\left(\frac{dQ}{dv}\right) - \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dt}\right)\right] dv\,dt$$

sey, (diese Annalen LXXIX. S. 383) [1]) was, sobald Q, die in dem Gase vorhandene Gesammtwärme, eine wirk-

1) Ich erhalte den obigen Ausdruck nicht; dagegen aber findet man denselben, wenn man das Gas zuerst bei constantem Volum um dt erwärmt, dann bei constanter Temperatur ausdehnt; endlich bei dem gewonnenen Volumen um dt abkühlt und dann bei constanter Temperatur auf das frühere Volum zusammendrückt. Da hierbei dieselbe Arbeit geleistet wird, wie bei dem oben betrachteten Vorgange, so konnte ich obigen Ausdruck beibehalten.

liche Function von v und t ist, gleich 0 wird, was also sagt, dafs entweder eine wie eben bezeichnete Gesammtwärme nicht existirt, — die Ansicht von Clausius — oder die hier erhaltene Arbeit nicht von verbrauchter Wärme herrührt, da keine verbraucht wurde, sondern von einer anderen Ursache, als welche sich der Uebergang der Wärme von einem wärmeren zu einem kälteren Körper darbietet, — der Satz von Carnot. — Dafs der letztere mit der geleisteten Arbeit in einer bestimmten Relation stehe, findet Clausius ebenfalls, und schon diese Relation deutet darauf hin, dafs dieser Uebergang die wirkliche Ursache der erhaltenen Arbeit sey, und dafs nicht diese Arbeit durch eine ganz andere Wärmemenge geschehen sey, in welchem Falle sich der Zusammenhang zwischen der geleisteten Arbeit und der übergeleiteten Wärme, die mit ersterer gar nichts zu thun haben soll, kaum begreifen läfst. Kehrt man den Fall um, so wird es jedermann begreiflich finden, dafs durch Anwendung von mechanischer Arbeit aus einem kalten Körper Wärme in einen warmen übergeführt werden kann, und dann ist doch gewifs diese mechanische Arbeit das was die Wärme überführt, warum soll also im umgekehrten Falle das Ueberführen der Wärme nicht das seyn, was die Arbeit leistet?

Wie mir scheint, läfst sich aber die Unhaltbarkeit der Anwendung des Grundsatzes, wie sie bei Clausius vorkommt, auf folgende Weise noch bestimmter erweisen. Ist die Gesammtwärme eines Körpers auch nicht durch das Volum und die Temperatur und den Aggregationszustand desselben allein bestimmt, so wird doch jedenfalls die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um seine Temperatur um dt und sein Volum um dv zu ändern durch

$$Udt + Wdv$$

vorgestellt werden können, wobei U und W Functionen von t und v sind.

Lassen wir nun zu diesem Körper noch ferner Wärme zutreten bis die Temperatur neuerdings um δt und das

Volum um δv gewachsen ist, so wird die Wärme, die hierzu erforderlich ist

$$U\delta t + \left(\frac{dU}{dt}\right) dt\delta t + \left(\frac{dU}{dv}\right) dv\delta t + \\ + W\delta v + \left(\frac{dW}{dt}\right) dt\delta v + \left(\frac{dW}{dv}\right) . dv\delta v$$

seyn, und auf diesem Wege ist daher, um dem Körper die Temperatur um $dt + \delta t$ und das Volum um $dv + \delta v$ wachsen zu lassen, diese Wärmemenge $+ Udt + Wdv$ nothwendig.

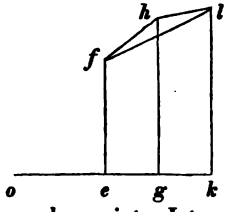
Läfst man dagegen die Temperatur und das Volum in einem Zuge um $dt + \delta t$ und um $dv + \delta v$ wachsen, so bedarf man hierzu die Wärme

$$U(dt + \delta t) + W(dv + \delta v).$$

Im ersten Falle hat man daher mehr Wärme gebraucht

$$\left(\frac{dU}{dt}\right) dt\delta t + \left(\frac{dU}{dv}\right) dv\delta t + \left(\frac{dW}{dt}\right) dt\delta v + \\ + \left(\frac{dW}{dv}\right) dv\delta v.$$

Diese müfste hierbei die Ursache der Differenz der äufseren Arbeit seyn, wenn die Ansicht von Clausius richtig wäre. Um diese äufsere Arbeit zu berechnen, sey



$oe = 0$ das Volum des Körpers vor der Erwärmung; $ef = p$ der äufsere Druck auf denselben; $eg = dv$ und $hg = p_1$ dem äufseren Drucke nach der ersten Erwärmung, wenn die Temperatur um dt und das Volum um dv gewachsen ist. Ist endlich $gk = \delta v$, und wächst der äufsere Druck dabei auf $kl = p_2$, so wird, wenn die Erwärmung in einem Zuge bis zur Ausdehnung um $dv + dv = ek$ und zur Temperaturerhöhung um $dt + \delta t$ geschieht, der äufsere Druck ebenfalls von q auf p_2 steigen müssen. Dann aber wird die durch die Differenz der Wärmemengen geleistete Arbeit durch das Dreieck fhl vorgestellt seyn. Der Inhalt dieses Dreiecks ergiebt sich mit

$p_1 =$

$$p_1 = \left(\frac{dp}{dt}\right) dt + \left(\frac{dp}{dv}\right) dv$$

und

$$p_2 = \left(\frac{dp}{dt}\right)(dt+\delta t) + \left(\frac{dp}{dv}\right)(dv+\delta v)$$

gleich

$$\tfrac{1}{2}\left(\frac{dp}{dt}\right)(dt\,\delta v - \delta t\,dv)$$

und die Ansicht von Clausius führt zu der Gleichung

$$\left(\frac{dU}{dt}\right) dt\,\delta t + \left(\frac{dU}{dv}\right) dv\,\delta t + \left(\frac{dW}{dt}\right) dt\,\delta v + \left(\frac{dW}{dv}\right) dv\,\delta v =$$
$$= \tfrac{1}{2} A \left(\frac{dp}{dt}\right)(dt\,\delta v - \delta t\,dv)$$

und diese Gleichung müfste stattfinden, wenn auch dt, δt, dv und δv ganz unabhängig von einander gewählt werden. Diefs kann offenbar nicht der Fall seyn; so dafs also hier *die geleistete Arbeit nicht die Wirkung der verbrauchten Wärme seyn kann*, sondern einer anderen Ursache entspringen mufs; als solche wird sich wieder nur der Uebergang von Wärme aus einem warmen zu einem kalten Körper bezeichnen lassen.

Einen weiteren Stützpunkt für seine Ansicht findet Clausius in dem Verhalten der Dämpfe bei ihrer Bildung und Condensirung. Er findet auf S. 390 im Bande LXXIX. dieser Annalen, dafs wenn keine Wärme bei dem von ihm betrachteten Vorgange verbraucht wird, dafs

$$\frac{dr}{dt} + c - h = 0$$

seyn müsse, was neben dem durch die Erfahrung gegebenen

$$\frac{dr}{dt} + c = 0{,}305$$

nicht stattfinden könne, weil h nicht positiv, sondern entweder 0 oder negativ seyn müsse. Dafs h nicht positiv seyn könne, schliefst Clausius aus den bekannten Versuchen von de Pambour, welcher fand, dafs der Dampf, welcher nach verrichteter Arbeit aus einer Locomotive tritt, stets die Temperatur besitzt, zu welcher die gleichzeitig

beobachtete Spannkraft als Maximum gehört. »Daraus folgt, dafs h entweder $=0$ ist, wie man es damals annahm, weil dieſs mit dem so schon für wahrscheinlich gehaltenen Watt'schen Gesetze übereinstimmt, oder dafs h *negativ* ist. Wäre nämlich h positiv, so müfste die Temperatur des Dampfes bei der Ausströmung im Vergleiche zu seiner Spannkraft zu hoch seyn und das hätte de Pambour nicht entgehen können. Ist dagegen der vorigen Angabe gemäfs h negativ etc.«

Der obige Schluſs, dafs bei einem positiven h die Temperatur des Dampfes bei der Ausströmung im Vergleiche zu seiner Spannkraft zu hoch seyn müsse, ist vollkommen richtig, *so lange nicht mechanisch mit fortgerissenes Wasser mit dem Dampfe in Berührung bleibt;* sobald aber das der Fall ist, wird auch die Temperatur auf die niederste, der Spannkraft entsprechende durch neue Dampfbildung zurücksinken müssen, und dafs bei den Locomotiven Wasser in ziemlich bedeutender Menge aus dem Kessel in die Cylinder mit fortgerissen wird, ist eine bekannte, und, so viel ich mich erinnere, von de Pambour selbst bestätigte Thatsache. Es geht also aus diesen Beobachtungen durchaus nicht hervor, dafs h nicht positiv seyn könne, und es ist also auch das, was Clausius an der angezogenen Stelle anführt, durchaus kein Beweis für einen Verbrauch von Wärme in seinem Sinne.

Lassen wir also den Begriff der Gesammtwärme wie er bisher stand, auch ferner stehen, und behalten wir die bisher allgemeine Annahme bei: es sey die freie und latente Wärme eines Körpers bei demselben äufseren Zustande, also bei demselben äufseren Drucke, bei derselben Temperatur, bei derselben Cohäsion u. s. w. immer eine und dieselbe, wobei die latente Wärme die ist, welche von irgend einem Ausgangspunkte an zur Ueberwindung innerer und äufserer Widerstände verwendet wurde. Nehmen wir ferner an, dafs neben der Arbeit, welche die Wärme leistet, wenn sie latent wird, noch ferner Arbeit bei ihrem Uebergange von einem warmen zu einem kalten Körper

unter günstigen Umständen erzeugt werden könne, so werden sich alle diese Erscheinungen erklären lassen, ohne dafs man, wie es nach der Ansicht von Clausius der Fäll wäre, annehmen müfste, es seyen verschiedene Wärmemengen erforderlich, um einen Körper von t auf t' bei einer Volumänderung von v in v' zu erwärmen, je nach dem Wege, auf dem diese Erwärmung bewerkstelligt wird.

Ich habe früher die Gesetze zu entwickeln gesucht, welche für vollkommene Gase aus dem Grundsatze folgen, dafs die latent werdende Wärme eine ihr proportionale Arbeit erzeuge, und dabei die Gesammtwärme, in dem Sinn genommen, wie sie hier festgestellt ist. Ich habe für diese Wärme den Ausdruck

$$Q = F_t - AR(a+t)lnp$$

erhalten, wo F_t eine Function der Temperatur t, und p der Druck des Gases ist, die übrigen Bezeichnungen dieselben sind wie bei Clausius.

Hiemit finde ich die specifische Wärme bei constantem Volumen

$$c = \frac{dF}{dt} - ARlnp - AR$$

und die specifische Wärme bei constantem Drucke

$$c' = c + AR.$$

Die letzte Gleichung findet Clausius ebenso; c aber wird bei ihm eine Function von t, die er als wahrscheinlich constant bezeichnet. Nach ihm sind die specifischen Wärmen unabhängig vom Drucke, während nach meiner Untersuchung eine solche Abhängigkeit stattfindet. Es ist hiernach

$$c' = \frac{dF}{dt} - ARlnp\ ^{1}).$$

Nach den Versuchen von Suerman sowohl wie nach denen von De la Roche und Bérard nimmt aber die specifische Wärme der Gase zu, wenn der Druck abnimmt, analog meiner Formel und im Widerspruche mit Clausius.

Die Beziehungen zwischen Volum, Temperatur und Druck

1) Vergl. S. 16 und 17 meines Schriftchens.

für dieselbe Wärmemenge werden nach Clausius ganz andere als bei mir; es sind keine Beobachtungen bekannt, welche hier verglichen werden könnten. Ich habe früher die Beobachtungen Gay-Lussac's auf seiner Luftreise mit meinen Formeln verglichen, und auch ziemliche Uebereinstimmung gefunden, nachdem ich annahm, es sey in höheren Beobachtungsarten alle Feuchtigkeit niedergeschlagen gewesen; doch war bei diesen Beobachtungen eine grofse Genauigkeit wohl nicht zu erwarten. Das letzte Resultat, welches Clausius aus seinem ersten Grundsatze schliefst, ist:

$$Q - Q_0 = AR(\alpha + t_0) ln \frac{v}{v_0}$$

wenn t constant bleibt; es folgt dasselbe ganz ebenso aus meiner Formel und steht mit etwas anderen Bezeichnungen auf S. 15 meines Schriftchens.

Es ergeben sich somit alle Folgerungen, welche Clausius aus seinem ersten Grundsatze für die Gase gezogen hat, und welche durch die Erfahrung bestätigt sind, in ganz gleicher Weise aus meiner Formel, und die eine Differenz in unseren Schlufsfolgerungen, die Abhängigkeit oder Nichtabhängigkeit der specifischen Wärmen vom Drucke, scheint durch die Erfahrung zu Gunsten meiner Sätze entschieden zu seyn.

Es wird nicht nothwendig seyn zu bemerken, dafs die schönen Untersuchungen von Clausius über das Verhalten der Wasserdämpfe durch die oben als nothwendig bezeichnete Aenderung in seinen Ansichten kaum berührt werden; nur die Gleichungen (32) und (33) auf S. 521 finden hiernach nicht statt.

Albbruch, den 15. Januar 1851.

XII. *Ueber das Trübwerden des fehlerhaften Glases an der Oberfläche beim Erhitzen; von D. C. Splitgerber.*

An den Brillengläsern eines hiesigen ausgezeichneten Physikers, die derselbe länger als zehn Jahre in Gebrauch gehabt hatte, zeigte sich die auffallende Erscheinung, dafs dieselben beim Einsetzen in eine andere Fassung, zu welchem Zwecke sie ein wenig über der Spiritusflamme erwärmt worden, ganz trübe und rauh an der Oberfläche wurden; diefs rief die Frage nach der Ursache und den näheren Umständen hervor, deren Beantwortung vielleicht ein allgemeineres Interesse hat.

Jedes fehlerhaft zusammengesetzte Glas, in welchem nämlich ein Ueberschufs an Alkali oder zu wenig Kalk vorhanden, hat mehr oder weniger obige Eigenschaft und beschlägt auch gern mit Feuchtigkeit in der Luft, wodurch diefs Trübe- und Rissigwerden beim Erhitzen ein ganz gutes Kennzeichen für schlechtes Glas abgiebt, bei welcher Probe man allerdings, wenn man nicht sehr behutsam verfährt, leicht die Gefahr läuft das Glas zu sprengen. In dieser Hinsicht habe ich es besser gefunden einen an einem Platindraht hängenden Tropfen von im glühenden Flufs befindlichem Chlorcalcium auf das zu untersuchende Glas abzustreichen; es wird an dieser Stelle sehr stark angegriffen, wenn es leicht Feuchtigkeit anzieht und in geringerem Grade, je weniger fehlerhaft es zusammengesetzt ist, (welche Abstufungen natürlich ebenso verschieden sind, als die Zusammensetzungen des Glases, und sich erst nach längerer Uebung finden und richtig beurtheilen lassen werden); es macht dagegen beinahe gar keinen Eindruck auf gutes Glas, wo sich dann nur beim Anhauchen die Stelle markirt, auf welcher das Salz sich befunden hat, während im ersten Falle diese Stelle fein rissig geworden ist, opalisirt und auch wohl so angegriffen wird, dafs es sich mit dem Nagel

fühlen läfst. Eine zu scharfe Probe ist glühender Borax, welcher nach meinen Versuchen jedes Glas angreift.

Bei diesen Versuchen mufs man sich einer Lupe bedienen, das Glas in verschiedenen Richtungen betrachten und von etwa entstehenden kleinen Hitzsprüngen im Glase sich nicht täuschen lassen.

Das Trübe- und Rissigwerden beim Erhitzen entsteht nun durch das Vertreiben von Feuchtigkeit, mit welcher sich die Oberfläche des Glases chemisch verbunden hat und zwar, was das Auffallende ist, ohne dem Auge bemerklich geworden zu seyn. Es ist mir auch noch nicht gelungen im sonstigen optischen Verhalten solcher Gläser einen Unterschied zu finden, welches wohl in der geringen Dicke der wasserhaltigen Schicht seinen Grund hat. Man kann diefs Verhalten daher wohl als eine noch unsichtbare Verwitterung des Glases betrachten, welche erst beim Erhitzen sich kund giebt, indem dann die Oberfläche entweder nur sehr fein rissig wird oder trübewerdend aufschwillt, wobei sich auch Bläschen bilden, so dafs sie dann ein ganz verwittertes Ansehen annimmt. Ein kleines Glasstückchen von 0,759 Grm. verlor beim Trübewerden ein Milligramm und es zeigte sich Feuchtigkeit im Probirgläschen, worin es erhitzt wurde, verlor also ungefähr $\frac{1}{8}$ Proc. Ein anderes Stückchen, welches seinen gewöhnlichen Glanz zeigte, verlor über 1 Proc. Es ist also die Menge des aufgenommenen Wassers verschieden nach der Zusammensetzung des Glases und der Zeit, während welcher es der feuchten Luft ausgesetzt gewesen ist. Denn hierbei ist wohl zu bemerken, dafs diefs Trübe- und Rissigwerden nicht bei einer frischen Oberfläche stattfindet, denn ich liefs eine solche, welche rissig geworden war, neu anschleifen und poliren und nun wurde sie, wiederum erhitzt, nicht mehr trübe, sondern es ist eine gewisse Zeit erforderlich, während welcher sie der Luft ausgesetzt seyn mufs, über deren Länge ich aber noch keine Erfahrung gemacht habe. Ebenso wurde ein Glasstäbchen ringsherum auf seiner Cylinderfläche trübe, blieb dagegen auf den frisch abgebrochenen Endflächen voll-

kommen klar. Endlich scheint auch in geologischer Hinsicht die hier behandelte Erscheinung nicht ohne Wichtigkeit, indem sie zeigt, dafs man auch in einem Feuerprodukt einen Wassergehalt antreffen kann, worin man ihn nicht erwarten sollte, wenn keine Verwitterung sichtbar ist.

Berlin, im März 1851.

XIII. *Beobachtung einer Wasserhose zu Schwedt am 30. Mai 1850; von Ph. Wessel in Bonn.*

[Aufgemuntert durch Hrn. Prof. Plücker, schreibt mir der Hr. Verf., übersende ich Ihnen meine Beobachtungen, wie ich sie zu meinem Gebrauch, ohne Absicht auf Veröffentlichung niedergeschrieben habe. *P.*]

6^h Morgens. Temp. d. Luft 16°,4 C; Barometer 27″ 3‴. Wind NNO. Halb heiter.

10^h. Bei kühler Luft, Neigung zu Gewitter, Wind unsicher, stofsweise. Sonne selten unbedeckt, dann stechend. Gewitterregen ohne elektrische Entladung.

1½^h. Allgemeiner Zustand der Atmosphäre unverändert, der Natur nach die Wärme höher (Thermometerablesungen fehlen) Standpunkt ½ Meile südöstlich von Schwedt, am jenseitigen Oderufer. Eine Gewitterwolke zog nach Süden mit einzelnen Detonationen und fortwährendem starken Geräusch in den oberen Luftschichten und Bildung des sogenannten Hagelzeichens. Wind NW. Die sonst oft so starke Wirkung des breiten Oderthals auf den Zug der Gewitterwolken diesmal durchaus nicht zu bemerken. (Auch später passirten an diesem Tage Gewitter unter allen möglichen Richtungen die breite Oderniederung, ohne die geringste Ablenkung, mitunter in sehr unbedeutenden Winkeln dieselbe überschreitend.)

2^h. Wind West, stark und kühl. 2$\frac{1}{2}^h$. Wind NNW, eine starke Gewitterwolke mitbringend, die, ziemlich tief hängend, wenig Regen verlor. Bei ihrem Ueberschreiten des Oderthales begann die Bildung eines schwarzen Wölkchens mit horizontaler Basis und schildförmiger Auftreibung gegen das Zenith. Allmälig entstand eine Protuberanz in der Mitte der Basis, welche erst langsamer bald aber schneller gegen den Horizont hin wuchs, so dafs die ganze Wolke eine nagelförmige Gestalt annahm. Später wurde die Spitze durch einen in den unteren Regionen wahrscheinlich stärkeren Wind stark nach SSO abgelenkt, und bildete die in der Fig. 8 Taf. II. angedeutete, gekrümmte Figur. Nun erfolgte eine schnelle Auflösung des Phänomens bei einem sich stets vergröfsernden Abstand, vom Beobachter, und ein anscheinend sehr starker Regen, namentlich an der Stelle des verschwundenen Phänomens, ergofs sich aus dem Gewölk. Wegen der grofsen Entfernung konnte nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob die Erscheinung Hagel im Gefolge hatte, indessen ist letzteres wahrscheinlich.

3$\frac{1}{2}^h$. Ein Gewitter aus Nordwest zog heran, während ein zweites aus ONO aufstieg. Letzteres liefs zuweilen Donner hören, schien aber wenig Regen zu verheifsen. Ersteres, noch jenseits der Oder stehend, zeigte noch keine elektrische Entladung und verlor anscheinend wenig Regen, zeichnete sich indessen durch energische und rapide Wolkenbildung aus. Beide verfolgten ihren Lauf ungehindert unter eigenem schwachen Winde, und ihr Zusammentreffen liefs sich voraussehen und örtlich, fast im Zenith des Beobachters, bestimmen.

Plötzlich liefs sich im Gewölk des erstgenannten Gewitters, als es das Oderthal passirte, wiederum die Neigung zur Trombenbildung bemerken, diesmal aber dem Beobachter viel günstiger, indem einmal der Standpunkt der Erscheinung viel näher lag, andererseits die Ausbildung vollkommener war. Die vorhin erwähnte nagelförmige Gestaltung eines, durch tiefe Färbung ausgezeichneten,

Gewölks bezeichnete auch diesmal das erste Stadium der Erscheinung. Wiederum fand ein zuerst mäfsiges, dann aber ungemein beschleunigtes Wachsen oder Ausdehnen gegen den Horizont hin statt. Diese Beschleunigung war zum Theil wohl nur eine scheinbare, da der untere Theil dem Auge viel näher lag als der obere. Bald bildete die ganze Erscheinung die auf der Fig. 9 Taf. II. angedeutete röhrenartige, sich kegelförmig endende, oben an der Basis verbreiterte Figur, die die verschiedenartigsten fast wurmförmigen Krümmungen machte.

Sehr deutlich liefs sich die verschiedenartig gefärbte Axe unterscheiden, deren gelbweifse Farbe von der sehr dunklen des Kegels grell abstach; ein elektrisches Aufleuchten derselben, als ob ein Blitz sie durchzucke, wurde einmal entschieden wahrgenommen. Um diese Axe bewegten sich die dunklen Wolkenmassen des Kegels spiralförmig von links nach rechts aufsteigend in sehr rapider, wirbelnder Strömung, so dafs ungefähr 30 bis 40 Umdrehungen auf die Sekunde kamen.

Als das Phänomen seine gröfste Längenausdehnung erhalten hatte, fing es an zu verblassen und zu zerfliefsen, und war nach 30 Sekunden verschwunden, nachdem es 4 Minuten gedauert hatte. Nach dem Verschwinden fiel ein Blitz aus der Wolke und traf 1000 bis 1200 Schritt vom Beobachter ins Wasser. Als aus dem Phänomen resultirend und als dessen letzte Wirkung ist ein wolkenbruchartiger Regen zu betrachten, der der im Ganzen unbedeutenden Wolke entstürzte, und einen schmalen Strich unter dem Winde des Gewitters traf; er war mit einzelnen Haselnufs-grofsen Hagelkörnern untermischt. Seine nordöstliche Gränze war scharf begränzt und befand sich in ihrem nächsten Punkt kaum 600 Schritt vom Beobachter, während die südwestliche leiser verlief.

XIV. *Physikalischer Beweis von der Axendrehung der Erde mittelst des Pendels; von Hrn. L. Foucault.*

(*Compt. rend. T. XXXII. p.* 135.)

Die bisherigen so zahlreichen als wichtigen Pendelbeobachtungen hatten besonders die Dauer der Schwingungen zum Gegenstand; diejenigen, welche ich heute der Akademie vorzulegen gedenke, betreffen hauptsächlich die Richtung der Schwingungsebene, welche, indem sie sich langsam von Osten nach Westen dreht, eine sichtbare Anzeige von der täglichen Bewegung des Erdkörpers liefert.

Um diese Behauptung zu rechtfertigen sehe ich ab von der Umlaufsbewegung der Erde, die auf das von mir nachzuweisende Phänomen ohne Einfluſs ist. Ich nehme an, der Beobachter befinde sich auf dem Pol und habe daselbst ein Pendel von gröſster Einfachheit, d. h. ein Pendel bestehend aus einer schweren homogenen Kugel, die mittelst eines biegsamen Fadens an einem absolut festen Punkte hängt. Ebenso setze ich zuvörderst voraus, daſs dieser Aufhängepunkt genau in der Verlängerung der Erdaxe liege und daſs die ihn tragenden Stützen nicht Theil nehmen an der täglichen Bewegung. Wenn man unter diesen Umständen das Pendel aus seiner Gleichgewichtslage ablenkt und es, ohne ihm einen Seitenstoſs mitzutheilen, der Wirkung der Schwerkraft überläſst, so wird sein Schwerpunkt in die Verticale zurückkehren und sich, vermöge der erlangten Geschwindigkeit, an der anderen Seite der Verticale fast bis zu derselben Höhe erheben, von der er ausgegangen ist. Dort angelangt erlischt seine Geschwindigkeit, wechselt das Zeichen und führt ihn abermals durch die Verticale, bis etwas unter seinen Ausgangspunkt. Somit schwingt die Masse in einem Kreisbogen, dessen Ebene wohl bestimmt ist und vermöge der Trägheit der Materie eine unveränderte Lage im Raume bewahrt.

Wenn also diese Schwingungen eine gewisse Zeit hin-

durch andauern, so wird die Bewegung der Erde, die sich unaufhörlich von Westen nach Osten dreht, sichtbar durch den Contrast mit der Unbeweglichkeit der Schwingungsebene, deren Projection auf den Boden eine übereinstimmende Bewegung mit der scheinbaren der Himmelskugel zu besitzen scheint; und wenn die Schwingungen sich 24 Stunden lang fortsetzen, wird die Projection ihrer Ebene in derselben Zeit eine volle Drehung um die Verticalprojection des Aufhängepunkts ausführen.

Das sind die idealen Bedingungen, unter welchen die Axendrehung der Erde für die Beobachtung augenscheinlich wird. Allein in Wirklichkeit ist man genöthigt einen Stützpunkt auf einem sich bewegenden Boden zu nehmen; die rigiden Stücke, an welchen man das obere Ende des Pendelfadens befestigt, können der täglichen Bewegung nicht entzogen werden; und daher könnte man im ersten Augenblick fürchten, dafs diese dem Faden und der Pendelmasse mitgetheilte Bewegung die Richtung der Schwingungsebene ändere. Indefs weist hier die Theorie keine ernste Schwierigkeit nach, und andererseits hat der Versuch mir gezeigt, dafs man den Faden, sobald er nur rund und homogen ist, ziemlich rasch in diesem oder jenem Sinn um sich selbst drehen kann, ohne merklich auf die Lage der Schwingungsebene einzuwirken, so dafs also der eben beschriebene Versuch unter dem Pole in seiner ganzen Reinheit gelingen mufs [1]).

Unter unseren Breiten complicirt sich aber die Erscheinung durch ein etwas schwer zu beurtheilendes Element,

1) Die Unabhängigkeit der Schwingungsebene von dem Aufhängepunkt kann durch einen leicht zu wiederholenden Versuch sichtbar gemacht werden, der mich auf den Weg geleitet hat. An der Axe einer Drehbank und in Richtung derselben befestige man einen runden biegsamen Stahlstab, versetze ihn dann durch Ablenkung aus seiner Gleichgewichtslage in Schwingung und überlasse ihn nun sich selbst. Die dadurch bedingte Schwingungsebene zeichnet sich vermöge des Verweilens der Gesichtseindrücke scharf im Raume ab, und wenn man nun die Axe der Drehbank mit der Hand in Bewegung setzt, sieht man, dafs die Schwingungsebene nicht mit fortgeführt wird.

auf welches ich lebhaft die Aufmerksamkeit der Mathematiker hinzulenken wünsche.

In dem Maafse nämlich als man sich dem Aequator nähert, nimmt die Horizontalebene eine immer schiefere Lage gegen die Erdaxe an, und die Verticale, statt wie an dem Pole sich um sich selbst zu drehen, beschreibt einen stets offneren Kegel. Daraus entspringt eine Verzögerung in der scheinbaren Bewegung der Schwingungsebene, einer Bewegung, die sich unter dem Aequator annullirt, und in der andern Hemisphäre ihre Richtung umkehrt. Um das Gesetz, nach welchem sich diese Bewegung unter verschiedenen Breiten ändert, müfste man mathematische und mechanische Betrachtungen zu Hülfe nehmen, die mit der beschränkten Ausdehnung dieser Notiz nicht verträglich wären. Ich mufs mich also mit der Angabe begnügen, dafs, bei Vernachlässigung gewisser secundärer Erscheinungen, zwei Methoden übereinstimmend beweisen, dafs die Winkelbewegung der Schwingungsebene gleich ist der Winkelbewegung der Erde in derselben Zeit, multiplicirt mit dem Sinus der geogr. Breite. Ich habe mich also vertrauensvoll ans Werk begeben und folgendermafsen operirt. Ich habe die Wirklichkeit des vorausgesehenen Phänomens sowohl seiner Richtung, als seiner wahrscheinlichen Gröfse nach festgestellt.

In den Scheitelpunkt eines Kellergewölbes wurde ein starkes gufseisernes Stück eingelassen und dieses lieferte den Tragpunkt für den Aufhängefaden, der hervortrat mitten aus einer kleinen gehärteten Stahlmasse, deren freie Oberfläche vollkommen horizontal war. Dieser Faden bestand aus einem im Drahtzug stark gehärteten Stahldraht von 0,6 bis 1,1 Millimeter im Durchmesser. Er hatte eine Länge von 2 Metern und trug am unteren Ende eine abgedrehte und polirte Messingkugel, die überdiefs so gehämmert war, dafs ihr Schwerpunkt mit ihrem Mittelpunkt zusammenfiel. Diese Kugel wog 5 Kilogrm., und sie besafs eine spitze Verlängerung, welche die Fortsetzung des Aufhängefadens zu bilden schien.

Man beginnt den Versuch damit, dafs man die Torsion des Drahtes und die drehenden Schwingungen der Kugel vernichtet. Um sie aus der Gleichgewichtslage abzulenken schlingt man einen organischen Faden herum, dessen anderes Ende an einen festen Punkt in der Mauer, in geringer Höhe über dem Boden, geknüpft ist. Durch die Länge, die man diesem Faden giebt, kann man die Ablenkung und die Gröfse der Schwingungen nach Belieben einrichten. Gewöhnlich betrug bei meinen Versuchen der Schwingungsbogen anfangs 15 bis 20 Grad. Ehe man weiter geht ist es nöthig, die Schwingungen, welche das Pendel noch unter der Abhängigkeit beider Fäden machen könnte, durch irgend ein Hindernifs, das man langsam fortzieht, zu entfernen. Sobald man es vollständig beruhigt hat, brennt man den Faden an irgend einem Punkte seiner Länge durch; er reifst, die um die Kugel gelegte Schleife fällt zu Boden, und das Pendel, alleinig von der Schwerkraft getrieben, setzt sich in Gang und macht eine lange Reihe von Schwingungen, deren Ebene sich bald merklich verschiebt.

Nach Verlauf einer halben Stunde ist die Verschiebung bereits so grofs, dafs sie in die Augen springt; allein es ist interessanter das Phänomen in der Nähe zu betrachten, um sich von der Continuität des Effects zu überzeugen. Zu dem Ende bedient man sich einer verticalen Spitze, eines auf einem Brettchen befestigten Stiftes, welches man auf den Boden stellt, so, dafs der Ansatz des hin- und her schwingenden Pendels an der Gränze seiner Ausschreitung an die feste Spitze streift. In weniger als einer Minute schon hat die genaue Coïncidenz der beiden Spitzen ihr Ende erreicht; die oscillirende Spitze verschiebt sich beständig gegen die Linke des Beobachters, als Anzeige, dafs die Ablenkung der Schwingungsebene in gleicher Richtung geschieht mit der horizontalen Componente der scheinbaren Himmelsbewegung. Die mittlere Gröfse dieser Bewegung, bezogen auf die zu ihr nöthigen Zeit, beweist, übereinstimmend mit den Angaben der Theorie, dafs, unter

unseren Breiten, die Horizontalprojection der Schwingungsebene keinen ganzen Umgang innerhalb 24 Stunden macht.

Der Güte des Hrn. Arago und dem intelligenten Eifer unseres geschickten Künstlers Hrn. Froment, der mich bei Ausführung dieser Arbeit thätig unterstützt hat, verdanke ich es, dafs ich den Versuch schon in gröfserem Maafsstabe wiederholen konnte. Die Höhe des Meridiansaales in der Sternwarte benutzend, konnte ich dem Faden des Pendels eine Länge von 11 Meter geben. Die Schwingung war zugleich langsamer und gröfser, so dafs schon nach zweimaliger Rückkehr des Pendels zu dem Visirpunkt eine merkliche Abweichung nach der Linken hin deutlich ward.

Zum Schlufs noch eine Bemerkung, nämlich die: dafs die beobachteten Thatsachen unter den Umständen, in welche ich mich versetzt, vollkommen mit den Resultaten übereinstimmen, die Poisson in einer sehr merkwürdigen Abhandlung am Montage den 13. Nov. 1837 in der Akademie vorgelesen hat. In dieser Abhandlung behandelt Hr. Poisson die Bewegung der Projectilen in der Luft mit Rücksicht auf die tägliche Bewegung der Erde, und zeigt durch Rechnung, dafs, unter unseren Breiten, die gegen irgend einen Punkt des Horizonts fortgeschleuderten Projectilen stets eine Ablenkung nach der Rechten des am Ausgangspunkt befindlichen und der Trajectorie zugewandten Beobachters erleiden. Es scheint mir, dafs die Masse des Pendels vergleichbar sey einem Projectil, welches beim Entfernen von dem Beobachter rechts abweicht und welches also nothwendig, bei der Rückkehr zu seinem Ausgangspunkt, im umgekehrten Sinn abweichen mufs; was denn die fortschreitende Verschiebung der mittleren Schwingung und die Richtung derselben bedingt. Jedoch bietet das Pendel den Vorzug dar, dafs es die Effecte häuft, und sie aus dem Bereich der Theorie in den der Beobachtung überführt.

XV. *Ueber die Schallschwingungen der Luft; von Hrn. W. Werthheim.*

(*Compt. rend. T. XXXII. p.* 14. Auszug.)

Nach Erinnerung an die Resultate von Bernoulli, Euler, Poisson, Savart, Biot, Liskovius, Hopkins, Pellisov und Sondhaufs, macht der Verf. bemerklich, wie unsicher, ja selbst widersprechend die bisher aufgestellten Gesetze sind, und wie viel Willkührliches in den Gränzen liegt, zwischen welchen man diese Gesetze für genau gehalten hat.

Darauf setzt er seine eigenen Versuche aus einander, bei denen er besonders bemüht war, die Dimensionen der Aufschnitte (*embouchures*) und die Querdimensionen der zum Tönen bestimmten, begränzten Luftmassen zu verändern. Die Anstellung dieser Versuche geschah in grofser Anzahl mit Röhren, Kasten und Kugeln von Glas, Guttapercha, Messing, Blei, Blech und Holz, versehen mit graduirten Aufschnitten von der vollen Oeffnung an bis zur fast linearen Spalte (*bouche*) an einer der Kanten und bis zu dem sehr kleinen Mundloch (*bouche*), welches, dem Querschnitt des Luftbehälters ähnlich, in der Mitte einer der Seiten desselben angebracht war. Die Resultate waren folgende.

1. Sey L die Länge, B die Breite und H die Höhe einer rechteckigen, an beiden Enden zum Theil gedeckten Pfeife, ferner S der Querschnitt rechtwinklich gegen ihre Länge, s_1 und s_2 die Oberflächen der an beiden Enden befindlichen Oeffnungen, v die Schallgeschwindigkeit bei der während des Versuchs herrschenden Temperatur und n die Anzahl der Schwingungen; so hat man

$$n = \frac{v}{L + C_1 + C_2}$$

$$C_1 = c(B+H)\left(1 - \sqrt{\frac{s_1}{S}} + \sqrt{\frac{S}{s_1}}\right)$$

$$C_2 = c(B+H)\left(1 - \sqrt{\frac{s_2}{S}} + \sqrt{\frac{S}{s_2}}\right).$$

Für offene Pfeifen ist die Constante $c = 0{,}187$; für gedeckte Pfeifen ändert sich ihr Werth nach der Substanz der Wände. Diese Formel umfafst als besondere Fälle die gewöhnlichen offenen oder gedeckten Orgelpfeifen, so

wie die offenen oder gedeckten Pfeifen mit voller Mündung (*orifice*).

2. Nach dieser Formel mufs sich der Ton ins Unbestimmte vertiefen, in dem Maafse, als man die beiden Mündungen der Pfeife verengt. In Wirklichkeit findet diefs jedoch nur statt bei den Pfeifen mit einem Aufschnitt im Centro. Bei den Pfeifen mit einem Aufschnitt in der Seite hat die Vertiefung eine Gränze und diese Vertiefung ist gegeben durch die tiefere Octave des Tons bei voller Oeffnung (*orifice*), welcher der gröfsten von den beiden auf der Aufschnittlinie (*ligne d'embouchure*) winkelrechten Dimensionen entspricht.

3. Bei gewissen Gröfsen des Aufschnitts kann man von rechteckigen hohen (*hauts*) und kurzen Pfeifen zwei Töne erhalten, die nicht harmonische sind, und von denen einer der Länge und der andere der Höhe (*hauteur*) der Pfeife entspricht.

4. Der Ton einer cylindrischen Pfeife ist gleich dem einer quadratischen von gleicher Länge, gleichem Querschnitt und aequivalentem Aufschnitt (*embouchure*).

5. Ist L die Höhe eines sphärischen Segments, D der Durchmesser der diesem Segmente aequivalenten Kugel und d der Durchmesser der Oeffnung (*ouverture*), so hat man:

$$n = \frac{v}{2\left[L + c\pi D\left(1 - \sqrt{\frac{d}{D}} + \sqrt{\frac{D}{d}}\right)\right]}.$$

Für die Kugel hat man $L = D$.

6. Aufser dem gewöhnlichen Longitudinal-Ton, vernimmt man oft einen tieferen Ton von eigenthümlichem Klang; verengert man die Oeffnung, so vertiefen sich beide Töne gemeinschaftlich, und ihr Intervall liegt immer zwischen 1,41 und 1,46.

7. Das Gesetz der ähnlichen Volume bestätigt sich im Allgemeinen; es ist übrigens eine unmittelbare Folge der obigen Formeln.

8. Nach diesen Formeln können die Orgelbauer im Voraus, ohne Herumtappen, die Dimensionen bestimmen, die eine Pfeife und ihr Querschnitt haben mufs, damit sie einen gewissen Ton gebe; andererseits können alle Pfeifen, welche Dimensionen sie auch besitzen, zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft und anderen Gasen angewandt werden.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1851. ANNALEN No. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXII.

I. *Ueber den Dolomit des fränkischen Jura und seine Bildungsweise; von Dr. Friedrich Pfaff, Privatdocent in Erlangen.*

(Hierzu das Kärtchen auf Taf. III.)

Es giebt wohl kein Gestein auf der ganzen Erde, über dessen Abkunft und Entstehungsweise so viele und so verschiedene Ansichten ausgesprochen worden sind, als über die des Dolomits. Es giebt in der That keine Vorstellung, die wir überhaupt über die Genesis der verschiedenen Gebirgsmassen uns zu machen pflegen, welche nicht auch für den Dolomit in Anwendung gebracht wurde. Liefsen ihn die einen, wie Savi, Sismonda, Klipstein etc., in feurigflüssigem Zustande aus dem Inneren der Erde hervorbrechen, so wurde dagegen von andern wie A. Wagner, Fournet, Boué, Petzholdt etc. behauptet, dafs er sich ruhig auf dem Grunde des Meeres aus dem Wasser niedergesetzt habe.

Ganz entgegengesetzt diesen beiden eben erwähnten Ansichten, die das gemeinschaftlich haben, dafs sie den Dolomit als eine ursprüngliche Bildung, nicht als ein später metamorphosirtes Gestein betrachten, ist die, der wohl mit wenigen Ausnahmen die meisten Forscher jetzt zugethan sind, dafs der Dolomit in den meisten Fällen anfänglich gewöhnlicher Kalkstein gewesen, und erst später durch Aufnahme von Bittererde zu Dolomit umgewandelt worden sey. Ueber die Art und Weise nun dieses Umwandlungsprocesses herrscht abermals eine aufserordentliche Verschiedenheit der Ansichten. Auch hier wieder finden wir die Annahme vulkanischer, abyssodynamischer Einwirkungen als Ursache dieser Dolomitisirung angegeben, dagegen auch wie-

der die verschiedensten hydrochemischen Vorgänge zur Erklärung dieser Thatsache angeführt. Die erste Annahme, durch die Autorität eines L. von Buch gestützt, der durch seine Untersuchungen im Fassathale dem Hervorbrechen des Augitporphyrs die Dolomitisation des Kalkes zuschreiben zu müssen glaubte, fand bei vielen Geologen unbedingten Glauben und wurde neuerdings noch von Blum in seinen Pseudomorphosen des Mineralreichs mit neuen Gründen zu halten versucht. Allein ebenso bedeutende Autoritäten, wie z. B. Berzelius, haben sich auf das Entschiedenste gegen diese Annahme ausgesprochen, und auf hydrochemischem Wege eine genügende Erklärung dieser Umwandlungserscheinungen zu geben versucht.

Diese vielfachen Erklärungsweisen für ein und dasselbe Phänomen möchten wohl einen deutlichen Beweis liefern, dafs man wohl im Dolomit ein Product vor sich habe, was sich nicht wohl nur auf eine einzige Entstehungsursache zurückführen lasse, das vielmehr an verschiedenen Orten auf verschiedene Weise entstanden sey.

Wir werden daher wohl am besten thun, verschiedene Bildungsweisen des Dolomits zuzugestehen und für jeden speciellen Fall zu untersuchen, welche von den überhaupt möglichen seinen örtlichen Verhältnissen am entsprechendsten und für ihn die passendste sey. Es ist der Zweck der folgenden Blätter von diesem Standpunkte aus nach sorgfältigen Untersuchungen in einem ziemlich grofsen Theile des fränkischen Juras die Verhältnisse des in demselben so mächtig auftretenden Dolomites zu schildern, um darnach über seine Entstehung wo möglich ins Reine zu kommen.

In den meisterhaften Arbeiten über den Jura in Deutschland und den Dolomit als Gebirgsformation hat L. v. Buch auch für unsern Juradolomit dieselbe Entstehungsweise angenommen, wie sie nach ihm besonders deutlich im Fassathale zu beobachten sey. Der Augitporphyr sollte es seyn, der bei seinem Hervorbrechen den Kalk auf die mannichfachste Weise zerrüttet und zerworfen, mit Magnesiadämpfen imprägnirt und zu Dolomit umgewandelt habe. Gegen diese

Theorie, die durch den Namen ihres Urhebers sich bei der Mehrzahl der Geologen Anerkennung verschaffte, erhoben sich bald sehr gewichtige Stimmen, namentlich von Seite der Chemie, die gegen eine solche Verflüchtigung der äufserst feuerbeständigen Magnesia sehr gegründete Bedenken erhob. Später wurde auch noch diese Theorie, als mit den geognostischen Verhältnissen gerade an den Orten, welche sie am kräftigsten stützen sollten, wie im Fassathale selbst, im entschiedensten Widerspruch stehend, zurückgewiesen. Petzholdt [1]) wies nach, wie eben hier das Auftreten des Augitporphyrs und des Dolomits durchaus in keinem Causal-Zusammenhange stehe, wie der Augitporphyr öfter mit reinem unveränderten Kalk als mit Dolomit in unmittelbarer Berührung stehe, wie selbst Bruchstücke von Kalk ganz in Melaphyr eingeschlossen, nicht in Dolomit verwandelt seyen, und zeigte, dafs ein ganz allmäliger Uebergang von gewöhnlichem geschichtetem Kalk in ungeschichteten krystallischen Dolomit stattfinde und zwar in senkrechter Richtung von unten nach oben.

Schon früher hatte A. Wagner [2]) diese Theorie für den Juradolomit insbesondere auf eine Weise, die für jeden Unbefangenen keinen Zweifel an der Haltlosigkeit derselben mehr zurücklassen konnte, widerlegt, sowohl aus chemischen Bedenken als auch aus solchen, welche er aus dem Vorkommen des Dolomits im fränkischen Jura hernahm. Er zeigte, dafs nirgends eine Spur von Augitporphyr im ganzen Jura auftrete, dafs die unter dem Dolomit liegenden geschichteten Kalksteine und Sandsteine des weifsen und braunen Jura, des Lias und des Keupers keine Spur von Veränderungen, auch keine Spalten zeigten, durch welche etwa von unten herauf Magnesiadämpfe hätten dringen können. Ebenso gab er an [3]), dafs es nicht richtig sey, den Dolomit als durchgängig ohne Schichtung und ohne Versteinerungen anzusehen, indem er beides oft er-

1) Beiträge zur Geognosie von Tyrol 1843 S. 231 u. f.
2) Münchner Gel. Anzeigen 1839 S. 745 etc.
3) Isis. 1831 *p.* 451 *etc.*

kennen lasse; so zeigten z. B. die Felsen, auf denen das Schloſs Rabenstein und die Klaussteiner Kapelle stehen, deutliche Schichtung. Versteinerungen fänden sich z. B. in groſser Menge in der Nähe vom Dorf Engelhardtsberg bei Muggendorf in einem Dolomitfelsen am Wege und zwar noch gut als *Terebrabulit. bicanalicul.* (Schlth.) zu erkennen [1]).

A. Wagner zog aus den Verhältnissen, wie sie der Juradolomit nach seinen Untersuchungen erkennen liefs, folgende Schlüsse über die Entstehung desselben:

1. Der Juradomolit macht *ein ganz bestimmtes Glied* in der Reihe der fränkischen Juragesteine aus, dessen Horizont auf das Genaueste zu bestimmen ist.

2. Der Juradolomit ist gleichzeitig mit dem Jurakalk entstanden; es ist der Dolomit nicht ursprünglich ein dichter Kalk gewesen, der erst durch spätere Einwirkung irgend welcher Agentien Bittererde aufgenommen hat, sondern hat sich von Anfang an als magnesiahaltiger Kalk niedergeschlagen.

Es ist damit also die ganze Theorie von einer Dolomitisirung überhaupt als eine ganz und gar unstatthafte zurückgewiesen, und daher auch die Frage, wie dieselbe von Statten gegangen sey, als eine »nicht aufzuwerfende« beseitigt. Ich hoffe jedoch durch das Folgende auf das Bestimmteste jene Theorie von einer Dolomitisation in ihren Rechten zu erhalten, indem ich zeigen werde,

1) dafs der Dolomit kein bestimmtes Glied in der Reihe der fränkischen Juragesteine ausmache

2) dafs der Juradolomit nicht gleichzeitiger Entstehung mit dem Jurakalk sey, dafs er ursprünglich als dichter Kalk sich niederschlagen, und erst durch spätere Einwirkungen zu Dolomit geworden sey.

Darnach werde ich auch die Frage, wie diese Dolomi-

1) Dieſs kommt noch an vielen Stellen vor. Schon Goldfufs gebraucht in seiner »Beschreibung von Muggendorf u. sein. Umgeb.« von einem Dolomitberg, dem Glasenberge, den Ausdruck »er sey ganz aus Petrefacten zusammengesetzt«.

tisirung vor sich gegangen sey, zu beantworten suchen. Es wird daher vor Allem nöthig seyn, die Verhältnisse unter denen der Dolomit hier auftritt, etwas näher zu betrachten. A. Wagner hat dieselben schon genau geschildert, doch bedürfen seine Angaben zu unserm Zwecke noch einer etwas näheren Auseinandersetzung. Wenn man von Erlangen her in das Wisentthal eintritt und dann dasselbe bis zu seinem Anfange verfolgt, so wird man bald gewahr, dafs im Anfange, namentlich auf dem rechten Ufer, die Berge noch am Fufse aus Lias, gröfstentheils aber aus dem braunen Jura bestehen und nur der Gipfel weifsen Jurakalk zeige und noch keinen Dolomit. Geht man aber weiter thalaufwärts, so sieht man zuerst den Lias verschwinden, schon der Fufs des Berges zeigt nur noch den braunen Sandstein, ein gröfserer Theil des Berges besteht aus weifsem Jurakalk. Allmälig verschwindet auch der braune Jura, die Berge bestehen aus weifsem Kalke und der Gipfel zeigt nun Dolomit, leicht erkennbar an den steilen, wie eine Mauerkrone sich erhebenden, in grotesken Formen sich darstellenden Felsenmassen. Verfolgt man das Thal noch weiter, so kommt man bald oberhalb Muggendorf an einen Punkt, von welche man auch der weifse überall schöne und regelmäfsige Schichten zeigende Kalk nicht mehr gesehen wird und die Berge von der Thalsohle bis zum Gipfel nur aus Dolomit bestehen. Wo aber das Liegende des Dolomits erscheint, da ist es überall der weifse Jura, und man könnte daher die Ansicht für gerechtfertigt halten, dafs der Dolomit eine unmittelbar auf den weifsen Jura folgende Bildung sey, die stets ein bestimmtes Niveau, das in schräger Richtung vom Rande gegen das Innere des Gebirges sich senke, einhalte, und daher nach dem Rande des Gebirges zu, der jenes Niveau allmälig überschreitet, immer weniger mächtig werde und zuletzt verschwinde [1]).

1) Aehnlich zeigt sich das Verhältnifs des Auftretens von Dolomit am ganzen Rande des Gebirges, wenn auch nicht überall so deutlich, wie hier, wo durch das Wisentthal gleichsam ein Querschnitt durch dasselbe gebildet ist.

Eine solche Regelmäfsigkeit, ein solches Einhalten eines bestimmten Niveaus, findet aber nicht statt, wenigstens nicht in dem Maafse, wie man sie erwarten mufs, wenn man aus dem Dolomit ein besonderes pelagisch gebildetes Formationsglied machen will. Das ergiebt sich auf das Entschiedenste bei näherer Betrachtung der eben im Allgemeinen geschilderten Verhältnisse. Wir haben uns bisher nur an das rechte Ufer gehalten; schon eine flüchtige Besichtigung des linken Ufers macht uns irre, ob jene am rechten Ufer gewonnene Ansicht auch wirklich eine rechte sey. Drehen wir uns daher in Streitberg um, und betrachten beide Ufer zugleich. Was sehen wir nun? Auf dem rechten Ufer geht in einer Einbiegung, etwas oberhalb Streitberg, der Dolomit herab fast bis auf den Grund des Thales; gerade gegenüber auf dem linken Ufer erhebt sich die Ruine Neudeck auf Kalkfelsen, nicht auf Dolomit. Gehen wir nur ¼ Stunde thalabwärts, so zeigt sich uns ein Berg, Ottostein, zur Hälfte aus braunem Jura bestehend, darauf weifser Kalk, kein Dolomit, in einer Höhe, wo bei Streitberg noch lange Dolomit ist. Auf dem linken Ufer dagegen ist jetzt Dolomit vorhanden. Von diesem Punkt an bis zum Ausgang des Thals und dem Auftreten der Keuperhügel finden wir rechts keinen Dolomit mehr, auf dem linken Ufer hält derselbe fortwährend an; der äufserste Berg links, wo das Thal sich öffnet, der Walpurgisberg, hat noch eine Krone von schroffen Dolomitfelsen; der Dolomit geht demnach drei Stunden weit auf dem linken Ufer weiter als auf dem rechten thalabwärts. Und doch sind die Berge mit Ausnahme des letztgenannten, die das Thal bilden, rechts eben so hoch als links und nur durch ein sehr schmales, erst allmälig sich erweiterndes Thal getrennt. Wollte man nun den Dolomit als eine bestimmte pelagische Bildung annehmen, so müfste man wohl auch annehmen, dafs das Meer zu derselben Zeit eine grofse Menge Magnesia enthalten habe, hinreichend um mit Kalk Dolomit zu bilden und an einer

nur etliche 100 Fufs davon entfernten Stelle nur Kalk und keine Magnesia.

Man könnte vielleicht annehmen, es seyen derartige Schichtungsstörungen durch Hebungen oder Senkungen eingetreten, dafs zur Zeit, wo sich auf dem linken Ufer Dolomit niederschlug das rechte sich in einer Höhe befand, dafs dieses nicht der Fall seyn konnte. Allein auch diese Annahme brächte uns nicht über alle Schwierigkeiten hinweg. Denn warum ist denn bei Neudeck, auf dem linken Ufer, kein Dolomit, während er weiter thalabwärts sich auf ihm findet? und warum ist denn auf dem ganzen rechten Ufer von Ottostein an thalabwärts kein Dolomit mehr, sondern Kalk und zwar in einer Höhe, wo auf demselben rechten Ufer bei Streitberg noch Dolomit ist? Auch wenn wir das Streichen und Fallen der Schichten untersuchen, giebt uns dieses keine Mittel an die Hand, um unter der Voraussetzung, dafs der Dolomit ein selbstständiges Formationsglied sey, diese Widersprüche mit derselben aus dem Wege zu räumen. Wir finden nämlich durchaus keinen Zusammenhang mit dem Fallen der Kalkschichten und der Gränze des Dolomits, sondern eine grofse Unregelmäfsigkeit in dem Auftreten des Dolomits, während, gegen das untere Ende des Thals hin wenigstens, die Schichtung des weifsen Kalks eine sehr regelmäfsige und kaum von der horizontalen Richtung abweichende ist. Die Gränze des Dolomites und des Kalksteines gestaltet sich ungefähr wie die Fig. 5 Taf. III. angiebt; bei *a* ist der Ottostein, von dem aus gegen Streitberg, welches etwa bei *b* liegt der Dolomit etwas tiefer gegen das Thal herabtritt. Am tiefsten und ziemlich rasch sich senkend zeigt er sich dann in einer Thalschlucht oberhalb Streiberg bei *c*, dann erhebt sich wieder die Gränze, der deutlich geschichtete Kalk geht wieder weiter am Berge hinauf, doch ist noch zweimal, bei *d*, ebenfalls einer Schlucht, dem Eingang ins lange Thal entsprechend, und bei *e*, einer Vertiefung bei der Kupfenburg, aus welcher eine Quelle, welche nach Muggendorf geleitet

wird, ihren Ursprung nimmt, ein tieferes Herabtreten des Dolomites, als an beiden Seiten dieser Stellen zu bemerken. Von *f* an läfst sich die Gränze gar nicht mehr beobachten, doch ist schon $\frac{1}{2}$ Stunde oberhalb Maggendorf und von da an im weiteren Verlauf des Thales nur Dolomit zu sehen.

Ich glaube schon dieses wird hinreichen, um die Annahme, dafs der Dolomit ein bestimmtes selbständiges Formationsglied des Jura, und zwar oberhalb des weifsen Jura sey, das sich als solches aus dem Meere niedergeschlagen habe, als eine nicht haltbare darzustellen. Mit derselben aber geradezu unmöglich vereinbar ist folgendes, was ich an drei verschiedenen Punkten, die leicht zugänglich sind, beobachtet habe, nämlich das Vorkommen von ganz unverändertem weifsen Jurakalke in horizontaler Lage und ganz deutlich erhaltener Schichtung *in und über* dem Dolomit.

Die eine dieser Beobachtungen hat schon A. Wagner selbst gemacht und als eine Merkwürdigkeit bezeichnet, nämlich das eben angeführte Verhältnifs vom Dolomit zu dichtem Kalk am Adlerstein, einem der höchsten und steilsten Dolomitfelsen auf der Höhe des Berges, auf dem das schon erwähnte Dorf Engelhardtsberg liegt, und der ungefähr von der Hälfte seiner Höhe an nur Dolomit erkennen läfst: Er sagt, es sey »merkwürdig, dafs hier im massigen körnigen Dolomit ein kleines Lager von geschichtetem dichten Jurakalk, das am Fufse des Adlersteines und zumal an dem nebenstehenden Felsen sichtbar ist, zum Vorschein kommt«.

Ein zweiter Punkt, der die Ueberlagerung des Dolomits von dichtem Jurakalk erkennen läfst, findet sich bei Streitberg. Die der Ruine Streitburg gegenüberliegenden wie Pfeiler emporragenden Felsen und die Massen, auf denen die Ruine selbst noch steht, sind Dolomit[1]). Hinter der Ruine aber, rechts von dem Wege auf dem man, von der Landstrafse nach Bayreuth abgehend, zu derselben

1) Es ist nicht ganz normaler Dolomit, der Magnesiagehalt ist geringer. Weiter unten komme ich noch einmal darauf zurück.

gelangt, ist ein Lager von dem gewöhnlichen Jurakalke, auf das deutlichste horizontal geschichtet, durch einen Steinbruch entblöfst. Es nimmt an diesem Punkte die höchste Stelle des Berges ein, liegt höher als die Dolomitfelsen der Ruine und wird nicht von Dolomit überlagert, wenigstens nicht soweit, als es bis jetzt entblöfst ist. Es läfst sich auch hier zwar die Auflagerung auf den Dolomit nicht beobachten, da noch nicht so tief hinabgearbeitet ist, und der Weg und der mit Gerölle und Schutt angefüllte ehemalige Schlofsgraben zwischen der Ruine und diesem Kalkbruche liegen. Auffallend ist hierbei auch, dafs die Felsen an der Ruine eine deutlich wahrnehmbare Schichtung erkennen lassen, und dafs die Schichten unter einem Winkel von 15—20° vom Thal ab gegen das Innere des Berges zu geneigt sind, während das nur etwa 100 Schritte davon entfernte Kalklager keine Abweichung seiner Schichten von der söhligen Lagerung zeigt. Ich werde später noch einmal auf diesen Punkt zurückkommen.

Der dritte ähnliche Punkt ist bei dem Dorfe Hetzelsdorf. Dasselbe liegt auf dem linken Ufer der Wisent ziemlich weit in den Bergen in einer kesselförmigen Vertiefung bis zu der halben Höhe der es umgebenden Berge hinan. Wenn man von Leutenbach herkommend dasselbe betritt, sieht man noch am Eingange des Dorfes Dolomitmassen; geht man durch dasselbe, so sieht man gar nicht weit von jenem Punkte, unmittelbar von der Strafse aus ansteigend, ebenfalls ein Lager von dichtem weifsem Jurakalk entblöfst, das bis zum Gipfel der unmittelbar am Dorfe sich erhebenden Berge hinauf zu reichen scheint.

Will man also den Dolomit als eine ursprüngliche Meeresbildung betrachten, so müfste man auch des oben geschilderten Vorkommens wegen annehmen, dafs zu einer und derselben Zeit, in einem und demselben Medium kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia zusammen, ganz hart darneben aber nur kohlensaurer Kalk und keine Spur von Magnesia gelöst gewesen sey, und dafs sich dieselben daraus niedergeschlagen hätten, ohne dafs sich, trotz der

langen Dauer [1]) dieses Bildungsprocesses, die Magnesia nach und nach auch in den Theil der Flüssigkeit verbreitet hätte, der anfangs nur Kalk enthalten haben sollte. Ich kenne keine Erscheinung, die auf ein solches Verhalten eines Lösungsmittels gegen die in ihm gelösten Bestandtheile schliefsen liefse, glaube auch kaum, dafs man je solche kennen lernen wird. Denn es handelt sich hier nicht darum, ob eine Lösung an einem Punkte concentrirter seyn könne, als an einem anderen, sondern ob, ohne Uebergänge und ganz scharf abgeschnitten, in einem Lösungsmittel zwei sich gerne verbindende Körper neben einander eine Reihe von Jahren hindurch bestehen können. Denn wenn auch keine ganz absolute Abgränzung zwischen Dolomit und Kalk in diesen Fällen und zwar in horizontaler Ausbreitung beider stattfindet, so ist es doch ziemlich dasselbe und eben so unbegreiflich, dafs ein Gestein, das bis zu 15 Proc. kohlensaure Magnesia enthält, gleichzeitig aus demselben Medium sich niederschlage mit einem anderen, das nur zehn Schritte davon entfernt nicht eine Spur davon enthält. Von allmäligen Uebergängen kann in diesen Fällen keine Rede seyn. Will man aber bei diesen offenbar gleichzeitig abgelagerten Gesteinen nicht den Magnesiagehalt, durch den das eine von dem anderen unterschieden ist, als einen später nach der Ablagerung hinzugetretenen Bestandtheil ansehen, so bleibt allerdings nichts anderes übrig, als anzunehmen, dafs eine solche wunderbare Beschaffenheit der urweltlichen Meere, in Beziehung auf ihren Gehalt an Bestandtheilen und die Verbreitung derselben, in ihm stattgefunden habe.

Da wir aber eine solche Annahme nach den jetzigen Beobachtungen und Kenntnissen in Beziehung auf Lösungen für eine allen Erfahrungen widersprechende und also unmögliche ansehen müssen, so glaube ich auch, dafs wir consequenter Weise eine Theorie, die wesentlich auf die-

1) Die in diesen Bergen, z. B. der Kupfenburg, in ungeheurer Menge in jeder Schichte und von bedeutender Gröfse vorkommenden Ammoniten und andere Petrefacten geben hinreichend zu erkennen, dafs die Bildung dieser Schichten eine ungeheure Zeit erfordert habe.

selbe basirt ist, als eine unmögliche bezeichnen und daher die Meinung, dafs der Magnesiagehalt erst später zu dem Kalke hinzugekommen, dafs also der Dolomit erst durch spätere Einflüsse entstanden sey, als die einzig mögliche und allen wahrgenommenen Erscheinungen entsprechende festhalten müssen.

Schon die äufsere Erscheinungsweise des Dolomits allein zwingt uns fast diese Ansicht von späteren störenden und umänderuden Einflüssen auf. Eine Beschaffenheit, wie wir sie nämlich an unserm fränkischen Jura in eclatanter Weise wahrnehmen, kommt sonst gar keinem neptunischen Gebilde, ja es kommt sogar dem Dolomite selbst nicht als charakteristisches allgemeines, sondern nur als zufällig und local auftretendes Merkmal zu. Diese steilen, auf alle mögliche Weise zerrissenen und zerklüfteten Felsen, die bald als Säulen sich erheben, bald ungeheure Massen und Gewölbe bilden, bei weitem dem gröfsten Theile nach durchaus keine Schichtung zeigen, stechen zu grell von dem Verhalten der übrigen neptunischen Gebilde, auch der hier in unmittelbarer Nähe des Dolomits selbst sich befindlichen, ab, als dafs man nicht unwillkührlich auf den Gedanken käme, es möchten hier grofsartige Veränderungen vorgegangen seyn, die diesem offenbar neptunisch gebildeten Gesteine ein so fremdartiges Ansehen gegeben hätten.

Man kommt um so eher dazu, wenn man bedenkt, dafs es nicht in der chemischen Beschaffenheit dieses Gesteins liegt, solche Formen anzunehmen, indem es an vielen Orten ganz deutlich geschichtete, dieselbe Regelmäfsigkeit, wie die gewöhnlichen Kalksteine zeigende Dolomite giebt. Dieses Verhalten zeigt z. B. der Dolomit der Zechsteinformation des Spessarts nach A. Wagner, der des Muschelkalks und der des Keupers in Württemberg nach Alberti u. s. w.

Auch die Betrachtung der Lagerungsweise des Kalkes selbst spricht dafür, dafs wirklich bedeutende Störungen in dem Gebiete, das wir bisher beschrieben haben, vor sich gegangen seyen. L. v. Buch hat schon zur Stütze

seiner Theorie der Dolomitisation die hierhergehörende Beobachtung angeführt, dafs sich die Schichten »im ganzen Thal hinunter bald abwärts, bald in entgegengesetzter Richtung und in schneller Absetzung neigen; ein fortdauernder Wechsel, der gar nicht auf ein für das ganze Gebirge geltendes Schichtungsgesetz zurückgeführt werden kann. Der darauf liegende Dolomit, wenn auch selbst nicht geschichtet, folgt doch allen Bewegungen des darunterliegenden Kalksteins. Da meint Beaumont, es sey doch auch hier gar deutlich, wie das ganze Gebirge in seiner Ausdehnung erschüttert und zersprengt worden seyn müsse, wodurch die Schichten in die mannichfachsten Lagen gebracht worden sind, welche jedoch der Natur der Wirkung gemäfs sich nur auf kleine Räume ausdehnen können«. Dagegen hat zwar A. Wagner [1]) die Behauptung aufgestellt, dafs die söhlige Ablagerung für das ganze Jurage-birge vom Main bis zur Donau auf das Bestimmteste und Entschiedenste sich als Schichtungsgesetz geltend mache. »Dafs es einzelne Senkungen und Verstürzungen gleichwohl giebt, fährt er fort, versteht sich von selbst; dafs solche Senkungen an Thalwänden, deren Felsenpartieen mit einer oder mehreren Seiten frei hervorragen und deshalb hier von einer anstofsenden Gebirgsmasse nicht mehr in Spannung erhalten werden, am ersten sich einstellen, leuchtet von selbst ein. Doch das alles sind einzelne Ausnahmen, die das allgemeine Schichtungsgesetz des ganzen Gebirgsstockes nicht aufheben können.«

Ich will hier nicht der Behauptung Wagner's widersprechen, was das für das ganze Gebirge geltende Schichtungsgesetz betrifft, aber in Beziehung auf das Wisentthal, namentlich wo der Dolomit in demselben auftritt, mufs ich ganz entschieden der Meinung L. v. Buch's beipflichten, indem ich mich durchaus nicht damit einverstanden erklären kann, dafs die beobachteten Schichtenstörungen in dem ganzen Wisentgebiete blofse, als einzelne Ausnahme

1) Münchener Gel. Anzeig. 1839. S. 755.

auftretende, Senkungen und Verstürzungen seyen [1]), und am ersten an ziemlich freistehenden, nicht mehr von der übrigen Gebirgsmasse in Spannung erhaltenen Thalwänden und Felsenpartieen vorkämen, und gebe zu diesem Behufe folgende beobachtete Streichungsverhältnisse an, die leicht aufzufinden sind.

I. Auf dem rechten Ufer:

1) Auf der Streitburg hor. 6 unter 15—20°.

2) Weiter thalaufwärts in jener schon mehrfach erwähnten Schlucht, hor. 4 — fallen unter 15—20°.

3) Noch weiter thalaufwärts hor. 11 fallen 12—15°.

4) Bei Muggendorf, auf dem Wege nach der Rosenmüllershöhle hor. 11 fallen 10°. Dasselbe Kalklager war noch an zwei Punkten derselben Bergreihe entblöfst, nämlich in der ebenfalls schon erwähnten Schlucht der Kupfenburg an dem dort sich befindlichen Röhrenbrunnen und links von der neuen Strafse nach Weischenfeld, und zeigte an beiden Punkten dasselbe Streichen und Fallen, an dem letzgenannten nur eine etwas geringere Neigung der Schichten.

5) Ungefähr $\frac{1}{4}$ Stunde von Muggendorf, thalaufwärts am Wege Streichen: hor. 5—6 fallen 50° — einige hundert Schritt weiter aufwärts zeigte sich dasselbe Streichen, die Neigung betrug aber nur etwa 5°.

Bei allen bisher erwähnten Punkten war die Neigung der Schichten nicht gegen das Thal zu, sondern von demselben abgeneigt.

6) Zwischen der Baumfurther und Saxenmühle, immer weiter thalaufwärts Streichen: hor. 4—5 fallen unter 15—18°, aber gegen das Thal zu gerichtet.

Noch weiter thalaufwärts zeigte sich nur Dolomit, der nur so undeutliche Schichtung zeigte, dafs ich nicht glaube, dieselben hier aufführen zu dürfen.

1) Auch die Angaben von Goldfufs l. c. S. 190 sprechen hiefür. Er sagt hier, dafs die Kalklager gewöhnlich unter einem Winkel von 20 bis 30° gegen Norden sich senken.

II. Auf dem linken Ufer:

1) Auf der Neudeck, auf dem Wege nach Muggend
Streichen: hor. 8 fallen unter 10°.

2) Ebendaselbst, nur etwas weiter thalaufwärts. St
chen: hor. 12—1 fallen unter 7—8°.

3) An der Quelle in der Nähe der Brücke über die
sent bei Muggendorf. Streichen: hor. 9—10 fallen
ter 15—20°.

4) In der Nähe der Drei-Quellenmühle. Streich
hor. 12—1 fallen unter 15—18°.

Auch an diesen vier Punkten war die Neigung
Schichten vom Thale abwärts gerichtet.

Ich glaube nicht, dafs man dieses nur als einzelne
nahmefälle betrachten oder nur als geringfügige Senku
wird ansehen wollen. Namentlich spricht hiegegen auf
Bestimmteste das unter No. 4 auf dem rechten Ufer a
führte, indem hier drei Punkte eines und desselben
ges, dieselbe Störung der horizontalen Lagerung zeig
die fast $\frac{1}{4}$ Stunde weit auseinander gelegen waren und
dem Schlusse berechtigen, dafs der ganze Berg dies
Schichtenlage zeigen werde. Mit wenig Ausnahmen
den die angeführten Beobachtungen durchaus nur an
chen Punkten gemacht, die keine von mehreren Seiten
stehenden Felsenparthieen hatten, sondern noch von
übrigen Gebirgsmasse wohl unterstützt waren. Schon
Beobachtung, dafs das Fallen der Schichten an den
wähnten Punkten nicht gegen das Thal zu, sondern
demselben abgewendet war, schliefst jenen Erklärungs
such, dafs diefs eine Senkung in Folge mangelnder Stütz
und Spannung sey, aus; denn da diese Spannung
Stützung gegen das Thal zu weggenommen ist, so hä
sich diese Schichten, wäre dieses der Grund ihrer Ab
chung von der horizontalen Lage, doch gegen das T
zu neigen müssen. Der umgekehrte Fall ist aber der
häufigere.

Ich will damit noch nicht als erwiesen annehmen,
diese Schichtenstörung in einem nothwendigen Zusamm

hange mit der Umänderung des Kalkes zu Dolomit stehen, um so mehr, als ich noch nicht das ganze Gebirge, so weit der Dolomit in demselben vorkommt, untersucht habe, aber auffallend ist es jedenfalls, dafs der Jurakalk, wenn man von Westen her in diese Gegenden kommt, anfangs keinen Dolomit und keine oder kaum merkliche Schichtenstörung zeigt, dafs aber mit dem mächtigeren und stärker entwickelten Auftreten des Dolomits auch eine auffallende Störung in der horizontalen Lage der Schichten sich einstellt.

Es bedarf auch gar nicht dieser Verhältnisse, um die Annahme von einer Umänderung des dichten Jurakalkes in Dolomit als eine nothwendig aus dem Vorkommen desselben sich ergebende erscheinen zu lassen, ich glaube, dafs das auf S. 470 u. f. Ausgeführte dazu hinreicht. Hierüber mufs ich noch einiges anführen. Was den plötzlich auftretenden Wechsel von ganz normalem Kalk und Dolomit in horizontaler Ausbreitung betrifft, wie er an jenen drei oben angeführten Punkten beobachtet wird, so bedarf dieses keiner näheren Erörterung. Wohl ist diese aber nöthig in Beziehung auf das Auf- und Absteigen der Gränze zwischen beiden Gesteinen in senkrechter Richtung. Ich habe gezeigt, dafs wir annehmen müssen, dafs die in dem fränkischen Dolomite vorkommende Magnesia nicht von Anfang an in demselben enthalten gewesen sey, dafs jener sich nicht als Dolomit aus dem Meere habe niederschlagen können, sondern dafs dieselbe erst später zu dem Kalke hinzugekommen sey und so Dolomit gebildet habe.

Ist dieses wirklich der Fall gewesen, so werden wir auch zu erwarten haben, dafs dieses Hinzutreten an verschiedenen Punkten in verschiedenem Maafse stattgefunden habe, und dafs die dadurch bewirkte Veränderung des Kalkes sich durch alle Stufen hindurch wird verfolgen lassen. Wir werden erwarten und uns leicht aus der Analogie anderer Gesteinsveränderungen erklären können, dafs in einer und derselben horizontalen Linie an Punkten, die durch eine sehr geringe Entfernung von einander getrennt

sind, grofse Differenzen in der chemischen Zusammensetzung der Gesteine sich finden werden.

Alle diese Erwartungen — als nothwendige Consequenzen und als eben so viele Beweise für jene Theorie — finden sich aber in der Wirklichkeit vollkommen bestätigt und gerechtfertigt.

Es findet nämlich, wie A. Wagner und Goldfuß schon bemerkten, ein ganz allmäliger Uebergang vom gewöhnlichen dichten, äufserst regelmäfsig geschichteten Kalk in den vollkommensten, körnig krystallinischen Dolomit, der keine Schichtung mehr zeigt. An einzelnen Punkten, wo durch Schluchten das Gestein vom Gipfel bis zum Thal herab zerrissen und blofs gelegt, kann man diesen Uebergang Schritt für Schritt verfolgen, und derselbe ist schon durch äufsere Kennzeichen charakterisirt.

Der muschlige Bruch des gewöhnlichen Kalksteins geht verloren; mit der Aufnahme der Magnesia verliert sich der Matte der Bruchfläche, es stellt sich etwas Glanz ein, der Bruch wird mehr uneben, splittrig. Die Masse ist nicht mehr so gleichförmig, sondern läfst schon hie und da kleine, feine Risse und in demselben kaum sichtbare Krystallisationen erkennen. Ebenso nimmt auch das specifische Gewicht und die Härte zu. Diese Aenderungen, namentlich das Sichtbarwerden einer krystallinischen Structur, wachsen mit dem Gehalte an Bittererde, doch nicht immer in demselben Maafse; im Gegentheil hat oft ein Gestein noch ziemlich das Ansehen eines unveränderten Kalkes und doch schon 10—15 Proc. Magnesia, während auf der andern Seite oft ein dolomitisches Ansehen bei geringerem Magnesiagehalte vorkommt. Der vollkommen ausgebildete Dolomit hat meistens eine sehr deutliche körnige Zusammensetzung, sehr oft ist er zuckerartig, mit kleinen Spalten und Höhlungen, die mit kleinen Krystallen besetzt sind. Häufig werden diese Höhlungen aber auch ziemlich grofs und geben dem Gesteine ein ganz zerfressenes Ansehen. — Durch die Verwitternng sowohl, wie durch die in grofser Menge überall die Oberfläche der Dolomitfelsen be-

bedeckenden Flechten wird, auch wo sie sehr deutlich auf frischen Bruchflächen vorhanden ist, die körnige krystallinische Structur unkenntlich gemacht, das Gestein erscheint dann dicht.

Noch ein anderes die Umänderung des dichten Kalksteines zu Dolomit begleitendes, äufserlich wahrnehmbares Merkmal giebt die Betrachtung der Schichtungsverhältnisse an die Hand. Man wird nicht leicht eine so regelmäfsige Schichtung beobachten können, wie diejenige ist, die sich an dem dichten unveränderten Jurakalke zeigt und an Hunderten von Steinbrüchen oder zu Tage gehenden Schichten, horizontalen sowohl, wie geneigten, auf das schönste zu erkennen giebt. Wo durch die Steinbrüche z. B. senkrechte Wände sich darstellen, erscheinen dieselben wie von übereinander gelegten, glatt behauenen Balken gebildet, so gleichmäfsig dick sind oft die einzelnen Schichten und so scharf und ununterbrochen stellen sich die Linien, welche die Gränzen derselben bilden, dar.

Wo ein allmäliger Uebergang vom Kalk in Dolomit zu beobachten ist, tritt auch hierin, wie in den übrigen äufseren Merkmalen des Gesteins, eine leicht wahrzunehmende Veränderung ein. Die scharfe Gränzlinie zwischen den einzelnen Schichten wird weniger regelmäfsig und deutlich, häufig etwas wellig und krummlinig, wohl auch mit einer andern etwas convergirend, so dafs die Schichten nicht mehr von gleichmäfsiger Dicke erscheinen. Es verliert sich auch häufig eine solche Scheidungslinie im weiteren Verlauf, so dafs dann zwei Schichten nur eine einzige zu bilden scheinen, sie tritt dann vielleicht nach kurzer Zeit wieder in derselben Richtung auf, um sich wieder zu verlieren, so dafs eine gröfsere Felsenmasse oft nur wie von parallelen an den verschiedensten Orten auftretenden, nicht weit sich fortsetzenden Sprüngen durchzogen zu seyn scheint. Bei weiter fortgeschrittener Veränderung treten gewaltige Zerklüftungen auf, die gröfsere Felsmassen in einzelne colossale Bänke zerspalten, jenen, die Schichtung noch verrathenden Sprüngen häufig parallel gehen, manchmal aber

dieselben unter gröfseren oder kleineren Winkeln durchkreuzen. Beim vollkommenen Dolomit fehlen mit sehr wenig Ausnahmen jene Sprünge, dagegen tritt die Zerklüftung in weit höherem Grade noch ein.

Es ist unrichtig dieselbe mit der Schichtung in Zusammenhang bringen zu wollen, wozu die Beobachtung, daſs hie und da mehrere solcher Zerklüftungen einander parallel gehen, bei dem Mangel an sonstigen Schichtungsanzeichen, wohl verleiten mag. Jene Fälle, wo beide zugleich auftreten, — nämlich parallele Zerklüftungen, die jedoch stets in einer viel gröfseren Entfernung von einander verlaufen, mit jenen parallelen stets in geringer Entfernung ($\frac{1}{4}$ — 2 Schuh) von einander verlaufenden Schichtungssprängen, — und einander in verschiedenen Winkeln durchkreuzen, beweisen dieses schon hinlänglich. Noch mehr überzeugt man sich von der Irrthümlichkeit jener Ansicht, wenn man eine gröfsere Aufmerksamkeit jenen Zerklüftungen zuwendet, in Gegenden, wo die Dolomitmassen in grofsen Felsen und in bedeutender Ausdehnung freistehend auftreten. Geht man z. B. das Rabenecker Thal vom Toos an bis Rabeneck hinauf, so hat man hiezu die beste Gelegenheit. Wollte man hier — auch abgesehen von den vielen Beispielen, wo die Zerklüftungen einander nicht parallel gehen — alle parallelen als Schichtung ansprechen, so müfste man nicht nur fast für jede besondere gröfsere Felsenmasse ein ganz verschiedenes Schichtungsgesetz, sowohl für Fallen als Streichen annehmen, sondern auch an einer und derselben Felsenwand, wenn man sie von verschiedenen Seiten betrachtet, verschiedene, einander durchkreuzende Schichtungssysteme anerkennen. An vielen Punkten fehlt aber auch diese Zerklüftung, wie ich sie bisher besprochen hatte, die Massen absonderte, welche entweder horizontal oder mehr oder weniger geneigt, für Schichten hätten genommen werden können, und es bilden die Felsen oft bis zu einer bedeutenden Höhe nur eine ununterbrochene Wand, von der durch weite senkrecht verlaufende Spalten dann hie und da verschieden breite Massen

abgetrennt sind, die sich wie Pfeiler und Thürme erheben und von Ferne das Aussehen von Ruinen alter Burgen darbieten.

Dieses sind ungefähr die äufseren Merkmale, welche die verschiedenen Mittelglieder zwischen dem normalen Kalk und dem normalen Dolomit erkennen lassen. Man darf jedoch nicht glauben, dafs diese überall in derselben Reihenfolge, wie ich sie eben geschildert habe, auftreten, oder dafs überhaupt sich solche allmälige Uebergänge überall verfolgen lassen. Es ist diefs vielmehr ziemlich selten der Fall, wenigstens läfst es sich nur an wenig Punkten beobachten, sehr häufig auch kommt man mit wenigen Schritten aus dem Gebiete des unveränderten Kalkes in das des ächten Dolomits; doch habe ich auch nirgends ohne eine Spur von Uebergangsbildungen, in diesem Theil des Gebirges Dolomit auf Kalk aufliegen sehen.

Auch die chemische Zusammensetzung der Gesteine läfst solche allmälige Uebergänge erkennen. In dem unveränderten geschichteten Kalk, in der Nähe von Streitburg, zeigte sich keine Spur von Magnesia. Ein, geringe Spuren der Umänderung anzeigender, noch deutlich geschichteter Kalk von dem Berge, auf dem die Ruine Neudeck steht, enthielt 2,19 Proc. kohlensaure Magnesia, 91,43 Proc. kohlensauren Kalk und 6,38 Proc. in Salzsäure unlösliche Bestandtheile; von demselben Punkte, nur höher, schon auf dem Gipfel des Berges genommenes, äufserlich auch mehr verändertes, Gestein enthielt schon 7 Proc. kohlensaure Magnesia. In der Nähe von Muggendorf habe ich in geringen Entfernungen von einander in verticaler Richtung bald weniger bald mehr verschieden veränderte Gesteine untersucht und folgenden Gehalt an kohlensaurer Magnesia in ihnen gefunden, bei einem 10,34 bei dem andern 24,93 und bei dem dritten 39,99 Proc., und zwar hatte hier auch der höher entnommene stets den gröfseren Gehalt an kohlensaurer Magnesia. An ein und demselben Orte ist dieses beim Aufsteigen in verticaler Richtung immer der Fall, nicht aber, wenn wir gleich hoch gelegene

Punkte, die etwas entfernter von einander liegen, mit einander vergleichen; hier findet ein Auf- und Absteigen der Gränze der Dolomitisation, wie ich schon oben angegeben habe, statt, oder vielmehr, wie ich mich jetzt verbessern will. Wenn ich nämlich von einem Auf- und Absteigen der Gränze zwischen Kalk und Dolomit sprach, so meinte ich damit nicht für alle Fälle den normalen Dolomit, sondern den schon in bedeutenderem Grade mit Magnesia durchdrungenen Kalk gegenüber solchem, der gar keine führt, und es bleiben daher die daraus gezogenen Schlüsse vollkommen gültig, indem es ja nicht darauf ankommt, ob es gerade 45 Proc. kohlensaure Magnesia sind, die zum Kalk hinzugetreten sind, sondern nur darauf, dafs an ein und derselben Bergreihe sich in einem bestimmten Niveau reiner Kalk zeige, während daneben in einer zu derselben Zeit aus demselben Wasser gebildeten Schicht und in noch viel tiefer liegenden dieser Kalk eine ziemlich beträchtliche Menge dieses Bestandtheiles, an den oder jener Gränzlinie angegebenen Punkten wenigstens 12 Procent enthält. Aufser den schon angeführten Beispielen, namentlich an jenen drei genannten Punkten, wo normaler Kalk und Dolomit neben einander und jener selbst über diesem vorkommt, will ich hier noch folgendes in Beziehung auf den so aufserordentlich verschiedenen Gehalt des Gesteins an kohlensaurer Magnesia in gleicher Höhe aber von verschiedenen Punkten anführen.

Wie schon erwähnt wurde, kommt man erst ziemlich weit oberhalb Muggendorf an den Punkt, wo die Berge bis zur Thalsohle nur Dolomit erkennen lassen. Zwischen diesem Punkte und dem Dorfe Muggendorf wurden von zwei, einige hundert Schritt von einander entfernten und so weit das Auge es schätzen konnte, in gleicher Höhe über dem ganz nahen Flüfschen am Fufse der Berge sich befindenden Felsen Stücke untersucht. Der weiter unten im Thal gelegene ergab die mit I., der weiter oben sich befindliche die mit II. bezeichneten Bestandtheile.

	I.	II
In Salzsäure unlösl. Bestandtheile	6,88	2,90
Kohlensauren Kalk	82,00	72,16
Kohlensaure Magnesia	11,22	24,94
	100,00.	100,00.

Ebenso wurden vier Stücke von der Höhe der das enge Thal begränzenden Berge, sämmtlich vom Rande des Abhanges untersucht. I. ist von einem Felsen vom westlichen Ende der Streitburg [1]); II. von der Bergspitze, auf der die Ruine Neudeck steht; III. von der Kupfenburg; IV. von einem oberhalb Muggendorf, rechts vom Engelhardtsberger Wege gelegenen Felsen. Die drei ersten Punkte bilden mit einander ein Dreieck, der erste und dritte liegen auf dem rechten Ufer, der zweite auf dem linken, der vierte ebenfalls auf dem rechten. Die gröfste Entfernung vom ersten bis zum vierten beträgt etwa eine halbe Meile.

	I.	II.	III.	IV.
In Salzsäure unlösliche Bestandtheile	7,27	7,23	4,24	1,40
Kohlensaurer Kalk	75,35	86,45	52,43	60,33
Kohlensaure Magnesia	17,38	6,32	43,33	38,27
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Man sieht hieraus, wie also nicht nur im Grofsen, in weiteren Entfernungen, sondern auch in geringen Distanzen in ein und derselben Höhe vom Gipfel der Berge sowohl, wie von deren Fufs entnommene Stücke einen ganz verschiedenen Gehalt an Magnesia zeigen, und zwar durchaus ohne strenge Gesetzmäfsigkeit. Im Allgemeinen, haben wir gesehen, nimmt zwar vom westlichen Rande des Gebirges an thalaufwärts die Dolomitbildung zu, doch zeigte uns schon die Betrachtung der Verhältnisse auf beiden Ufern der Wisent, dafs dieses nicht in der Art eintrete, dafs man annehmen dürfe, der Dolomit sey als eine ursprüngliche Meeresbildung anzusehen. Noch mehr spricht gegen diese Ansicht der Schlufs, den wir aus den zuletzt angeführten Analysen ziehen müssen, indem sie uns be-

1) Von der oben S. 472 als geschichteter Dolomit bezeichneten Masse.

weisen, dafs auch Ausnahmen von der Regel vorkommen, dafs weiter thalaufwärts die Dolomitbildung immer mächtiger werde.

Von den vier zuletzt angeführten Analysen gehörte das zur zweiten entnommene Stück einem Felsen an, der weiter thalaufwärts stand, als der zur ersten den Stoff liefernde, und wiederum stammt IV. von einem Punkte, der ebenfalls näher der Flufsquelle lag als II., und dennoch zeigt II und IV. einen geringeren Gehalt an Magnesia als die weiter unten im Thal gelegenen I und III.

Ich glaube nicht, dafs diese Verhältnisse sich irgendwie befriedigend erklären lassen, wenn man annehmen will, dafs auch hier der Dolomit eine ursprünglich als solcher aus dem Meere abgesetzte Bildung sey, und halte dafür, dafs die Ansicht, nach welcher der Dolomit erst durch spätere Veränderung der ursprünglich als Kalk abgelagerten Schichten entstanden sey, eine für unsere Gegend vollkommen gerechtfertigte und nothwendig aus den beobachteten Verhältnissen sich ergebende sey.

Ehe ich dazu gehe, einiges über die Art und Weise, wie hier wohl die Dolomitisation vor sich gegangen seyn möge, anzuführen, erlaube ich mir noch einige Bemerkungen über die Zusammensetzung des Dolomites aus unserem Jura.

Ich habe öfters bemerkt, dafs auch solche Stücke, welche dem äufseren Anschein nach, nämlich nach Schwere, Härte, krystallinischer Structur von wirklichem, normalem Dolomite, in dem der Gehalt des Kalkes zu dem der Magnesia im erforderlichen Verhältnisse von 54,3 $\dot{C}a\ddot{C}$ zu 45,7 $\dot{M}g\ddot{C}$ steht, durchaus nicht zu unterscheiden waren, dennoch nicht dieses Verhältnifs, überhaupt keines, welches sich auf eine einfache Proportion zwischen Kalk und Magnesia hätte zurückführen lassen, haben erkennen lassen, wie diefs auch von Anderen schon an verschiedenen Orten gefunden wurde. Es hat diefs gar nichts Befremdliches, wenn man eine Dolomitisation durch später eindringende kohlensaure Magnesia annimmt, möchte aber ebenfalls nicht zu Gunsten der

Ansicht von einer ursprünglichen Dolomitbildung sprechen. Bei dem so sehr krystallinischen Gefüge vieler dieser nicht nach der Dolomitformel zusammengesetzten Gesteine, dürfte man unter dieser Voraussetzung erwarten, dafs sich Kalk und Magnesia unter bestimmten Verhältnissen verbunden und niedergeschlagen hätten.

Man nimmt an, solche Gesteine seyen ein Gemenge von kohlensaurem Kalk und normalem Dolomit. Nach Karsten soll sich in Essigsäure in der Kälte der Kalk auflösen und normaler Kalk zurückbleiben. Diefs ist jedoch bei den Gesteinen, die in unserem Gebiete vorkommen, und nicht genau der Zusammensetzung des Dolomites entsprechen, nicht der Fall. Immer löste sich auch ein Theil von der Magnesia in der Essigsäure auf und man müfste daher in diesem Falle annehmen, wenn sich nämlich von ächtem Dolomit nichts in Essigsäure in der Kälte auflösen soll, dafs die vorliegenden Gesteine ein Gemenge von kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia und ächtem Dolomit seyen, wofür jedoch die äufsere Beschaffenheit mancher dieser Gesteine gar nicht spricht, oder selbst, dafs dieselben gar keinen Dolomit enthielten, sondern nur ein Gemenge aus diesen beiden Bestandtheilen seyen. Denn in allen Fällen, die ich untersuchte, war immer eine gröfsere oder geringere Menge von kohlensaurer Magnesia aufgelöst worden und der Rest entsprach nicht der Zusammensetzung des normalen Dolomits. So wurde von den auf S. 485 zuerst angeführten analysirten Gesteinen beide und von den vier weiter unten angeführten, das unter drei und vier angeführte Gestein bei einer Temperatur von nur 8° R. mit Essigsäure übergossen und ruhig 24 Stunden stehen gelassen. Von No. 1 löste sich ebenso viel wie in Salzsäure unter Erwärmung. No. 2 das mit erwärmter Salzsäure 2,91 Proc. ungelösten Bestandtheil hinterliefs und schon 24,93 Proc. kohlensaure Magnesia enthält, hinterliefs in Essigsäure nur 3,67 Proc. No. 4 hinterliefs 28,44 Proc. in Essigsäure ungelösten Rückstand. Die nähere Untersuchung ergab als Zusammensetzung des

	Gesteins	gelösten Theils.	ungelösten
In Salzs. unlösl. Bestandtheile, Thon	1,40		1,40
kohlensaurer Kalk	60,33	49,48	10,85
kolensaure Magnesia	38,27	22,08	16,19
	100,00	71,56	28,44

Von No. 3, was ziemlich genau der Zusammensetzung des normalen Dolomits entspricht und sehr deutlich zuckerartig krystallinisch war, lösten sich noch 45,99 Proc. auf.

Es scheint also demnach, wenigstens für die Gesteine, die im fränkischen Jura als Dolomit anzusehen sind, jene Angabe Karsten's keine Gültigkeit zu haben. Ziemlich grofs ist bei manchen dieser Gesteine der Gehalt an in Salzsäure unlöslichen Bestandtheilen, doch wurde schon an anderen Orten eine noch gröfsere Menge derselben gefunden. Im Allgemeinen nimmt allerdings die Quantität dieser beigemengten Bestandtheile mit dem zunehmenden Gehalte an kohlensaurer Magnesia und der deutlicher werdenden krystallinischen Structur ab, wie diefs auch an Orten, wo Uebergänge von Kalk in Dolomit zu beobachten sind, gefunden worden, z. B. von Petzholdt [1]) in Tyrol, doch kommen auch hier Ausnahmen vor, wie ein Blick auf die S. 485 angeführten Analysen zeigt. So hatte das Gestein, welches 38,27 Proc. kohlensaure Magnesia enthält, nur 1,40 Proc. in Salzsäure unlösliche Bestandtheile, während jenes dem normalen Dolomite sehr nahe kommende mit 43,33 Proc. kohlensaurer Magnesia noch 4,24 Proc. davon führt. Ich erwähne diefs nicht als etwas, was irgendwie befremden könnte, sondern mehr, weil es von dem Verhalten ähnlicher Gesteine, namentlich der zu so grofser Berühmtheit und Wichtigkeit durch L. v. Buch gelangten Tyroler Dolomite abweicht, und weil die regelmäfsige Abnahme mit der Zunahme der Magnesia und krystallinischen Structur an den dortigen Dolomiten von Petzholdt mit

1) Petzholdt. Beiträge zur Geognosie von Tyrol, über Dolomitbildung S. 431.

zur Stütze seiner Theorie über die Entstehung derselben, der ich jedoch hiermit nicht im geringsten entgegentreten will, benutzt wurde.

Ich habe diese unlöslichen Bestandtheile nicht näher untersucht, doch schienen mir dieselben nichts als gewöhnlicher Thon zu seyn.

Alle untersuchten Gesteine enthielten etwas Bitumen, erkenntlich an einem nach Schafhäutl hierfür charakteristischen auf der Lösung schwimmenden gelblichen Schaum. Ebenso enthielten die meisten etwas Eisenoxydul. Da dasselbe aber in den am meisten enthaltenden Gesteinen, die ich untersuchte, nur 0,33 Proc. betrug, habe ich es nicht besonders berechnet; in manchen zeigte sich auch kaum eine Spur davon.

So viel über die Zusammensetzung dieser Gesteine. — Wie ist nun diese Umänderung des gewöhnlichen kohlensauren Kalkes in kohlensaure Magnesia haltigen wohl vor sich gegangen? Wenn man die grofse Masse von den Erklärungen dieses Umwandlungsprocesses, wie ich sie theilweise am Anfange dieses Aufsatzes erwähnt habe, betrachtet, sollte man glauben, dafs man gar nicht in Verlegenheit kommen könne, um für jeden speciellen Fall auch eine passende zu finden; dennoch befinde ich mich in diesem Falle. Mit keinem der vielen Erklärungsversuche kommen wir über alle Schwierigkeiten weg, die uns die Erscheinungen, welche uns doch gerade mit Nothwendigkeit auf die Annahme eines solchen Umänderungsprocesses hinweisen, gegen alle derselben in den Weg legen. Es bleibt uns daher vorläufig nichts anderes übrig, als zu sehen, welcher dieser Versuche am wenigsten gegen und am meisten für sich hat.

Die Erklärungsweise, nach welcher Bittererde in Dampfform in den Kalk eingedrungen seyn soll, halte ich für eine abgethane, und wende mich daher gleich zu jenen, welche die Umwandlung des Kalkes zu Dolomit auf hydrochemischem Wege begreiflich zu machen suchen. Hier finden wir nun dreierlei Vorgänge zur Erklärung dieser

Dolomitisirung angegeben, die von Seiten der Chemie a
als möglich nachgewiesen werden können. Die erste
ser Erklärungsweisen nimmt an, dafs durch bittersalzh
ges Wasser, welches den Kalk durchdrang, derselbe
Dolomit umgewandelt worden sey. Diese zuerst von C
legno als wahrscheinliche Ursache der Verwandlung
Kalkes in Dolomit, mit gleichzeitiger Bildung von Gy
aufgestellte Theorie wurde von Haidinger weiter aus
führt und von v. Morlot durch Experimente als eine m
liche erwiesen.

Für unseren vorliegenden Fall können wir dieselbe
doch nicht zur Erklärung gebrauchen, da nach dersel
stets mit dem Dolomit zugleich Gyps sich bilden m
Von letzterem finden wir aber in unserem Jura auch ni
eine Spur.

Nach der zweiten Ansicht, die zuerst von Virlet a
gesprochen, von Favre wieder aufgenommen und von M
rignac durch Experimente als zulässig erwiesen wur
war es Chlormagnesium enthaltendes Wasser, das den K
zu Dolomit umwandelte. Hierbei mufs sich gleichzei
Chlorkalk bilden, der vom Wasser fortgeführt werde.
hen wir auch davon ab, dafs man in diesem Falle do
noch Spuren von dem Chlorkalk hier und da in dem di
ten Gestein anzutreffen erwarten dürfte, was aber
beobachtet worden ist, auch nicht in den bis tief in d
Innere der Felsen dringenden Steinbrüchen, so tritt do
dieser Ansicht, wie auch der vorigen, noch etwas entgeg
was bei Vielen zwar kein Bedenken erregen würde, mi
aber namentlich im vorligenden Falle bestimmt, nach ein
anderen Erklärungsweise zu suchen. Es ist nämlich, w
sich bei den Experimenten Marignac's — ebenso w
bei denen v. Morlot's — herausgestellt hat, eine un
läfsliche Bedingung bei den beiden hier zur Sprache ko
menden Processen, dafs um Dolomit zu erhalten jene S
lutionen von schwefelsaurer Magnesia wie von Chlorma
nesium mit dem Kalke einer Temperatur von 250—200°
und einem Drucke von wenigstens 15 Atmosphären aus

setzt sind. Diese Verhältnisse können aber nur dann zugleich mit denen, welche die Einwirkung dieser Solutionen auf den Kalk in mächtiger Ausdehnung möglich machten, vorhanden gewesen seyn, wenn wir annehmen, dafs heifse Quellen in sehr bedeutender Tiefe des Meeres es waren, welche die Rolle jener Solutionen im Versuche spielten.

Diese Annahmen verbieten aber in unserem Falle dieselben Gründe, welche die Ansicht, dafs der Dolomit eine ursprüngliche Meeresbildung sey, als unstatthaft erscheinen lassen, und von dem so wechselnden Auftreten von Kalk und dolomitischem Kalk in ein und derselben horizontalen Linie fast ohne Uebergänge hergenommen waren, und oben S. 474 näher aus einandergesetzt wurden. Denn wollte man sogar annehmen, dafs das Meerwasser, das damals den Jura bedeckte, weder Bittersalz, noch Chlormagnesium enthalten habe, so bleibt doch noch immer die Frage zu lösen, wie es gekommen sey, dafs sich diese Bestandtheile, von den Quellen ins Meer gebracht, nicht überall hin im Meerwasser verbreiteten, und dafs man nicht von einem Punkte, dem Ursprunge der Quelle entsprechend, aus, ein gleichmäfsiges Abnehmen der Veränderung des Kalkes nach allen Seiten bemerke, sondern so plötzliche Uebergänge von Kalk in Dolomit? Ja man mufs selbst dieser Theorie nach annehmen, dafs überall, wo sich auch nur eine Spur von Dolomitisation zeigt, eine Temperatur von 200—250° geherrscht habe, sonst hätte ja keine Dolomitbildung stattfinden können. Es hätte also in unserem Falle das ganze Meer über dem Jura, wenigstens so weit der Dolomit sich zeigt, am Grunde eine solche hohe Temperatur haben müssen, lauter Annahmen, die durch nichts erwiesen werden können und jene Hypothese nicht sehr zu empfehlen im Stande sind.

Allen solchen Schwierigkeiten entgeht man aber mit einer dritten Erklärungsweise, bei der wir von dem Drucke und der Hitze, die uns jene beiden ersten Theorien bereiteten, befreit bleiben. Nach dieser war es nämlich kohlensaure Magnesia und kohlensäurehaltiges Wasser, welches

den Kalk durchdringend, vermöge der Neigung der Magnesia, Doppelsalze zu bilden, sich mit diesem, der theilweise aufgelöst wurde, zu vollkommenem Dolomit oder dolomitischem Kalksteine verband. Diese Ansicht wurde neuerdings von Nauck[1]) für den in der Nähe von Wunsiedel vorkommenden Dolomit ausgesprochen und ich glaube, dafs sie auch für unseren Fall als die ungezwungenste sich darstelle, wiewohl ich mir nicht verhehle, welche grofse Schwierigkeiten uns noch übrig bleiben, wenn wir uns von allen Erscheinungen Rechenschaft geben wollen, unter den Voraussetzungen, zu denen wir durch eine nähere Betrachtung des Vorkommens des Dolomites in diesem Theile des Jura gelangt sind. Unter dieselben gehört aber auch die, dafs während der Umwandlung des Kalkes zu Dolomit derselbe nicht vom Meere bedeckt gewesen seyn könne, weil sich sonst diese Umwandlung viel gleichmäfsiger verbreitet zeigen müfste. Es bleibt uns daher nur der Ausweg anzunehmen, dafs dieselben durch Quellen und Flüsse oder auch auf dem Grunde von Seen, in denen sich doppelt kohlensaure Magnesia gelöst befand, vor sich gegangen sey. Letztere — nämlich die Seen — glaube ich namentlich deswegen mit annehmen zu müssen, weil, wenn man von den jetzigen Rändern des Gebirges her in das Innere desselben gelangt, nur noch Dolomit erscheint, und nirgends dazwischen unveränderter oder nur wenig Magnesia enthaltender Kalk gefunden wird, wie diefs mehr gegen den Rand zu der Fall ist, was Quellen und Flüsse allein wohl nicht hätten zu Stande bringen können. Für dieses letztere Vorkommen mögen nun allerdings auch Quellen zur Erklärung angenommen werden, deren Ursprung und Verlauf jetzt nachzuweisen allerdings hier noch nicht möglich war. Ich habe bisher nirgends ein gangförmiges Durchsetzen des Dolomits durch den Kalk hindurch, soweit dieser sichtbar war, erkennen können, wie es wohl in anderen Gegenden z. B. an den Dolomiten der oberen Lahn von

1) Pogg. Ann. Bd. 75 1848, S. 149 etc. Ueber den Speckstein von Goepfersgrün.

Freiesleben und Anderen beobachtet wurde [1]). Freilich sind auch nur auf kurzen Strecken an den Thalwänden die Gränzen und Uebergänge zwischen Kalk und Dolomit entblöfst und gegen das Innere des Gebirges ist der Kalk völlig verschwunden, der Dolomit reicht hier bis zum Grunde des Thales. Nur einen Punkt kenne ich, der Erscheinungen zeigt, die der Annahme von aufsteigenden Quellen günstig zu seyn scheinen. Es ist diefs eine Höhle bei Mokkes. Dieselbe, wie alle dieser Gegend, in festem, mannichfach zerklüftetem Dolomit, führt ziemlich tief schräg abwärts. In der Tiefe nun findet man das Gestein merkwürdig verändert. »In allen Gängen und Klüften«, sind Goldfufs's Worte [2]), »welche man hier zu sehen bekommt, ist keine Spur mehr von dem festen consistenten Marmor (so nennt G. den Dolomit wegen seiner krystallinischen Beschaffenheit) aus welchem der gröfste Theil dieses Berges besteht, zu finden. Die ganze Gebirgsart ist hier aufserordentlich weich, und gleichsam mit den Händen zerreiblich. Man kann daher zuletzt nirgends festen Fufs fassen, wo man sich anhalten oder hinstellen will, da zerfallen die Steine in Klumpen eines feinen, weifsgelblichen, äufserst gleichmäfsigen Sandes«.

Es ist dieses derselbe »Sand«, der auch, aber nur an sehr wenigen Punkten und immer in geringer Ausdehnung, auf der Höhe des Berges vorkommt, und von dem schon L. v. Buch bemerkte, dafs er aus lauter kleinen Bitterspathkrystallen bestehe. Es ist mir nicht bekannt, dafs er sonst in irgend einer anderen Höhle beobachtet worden sey, auch Goldfufs erwähnt ihn sonst nirgends bei Beschreibung derselben.

Wie gesagt, ich will es nicht als Beweis anführen, aber ich glaube, dafs sich diese Erscheinung ganz ungezwungen erklären läfst, wenn man annimmt, dafs man an dem Ende der schräg nach abwärts verlaufenden Höhle dem Punkte näher gekommen sey, von dem aus das dolomitisirende

1) S. Naumann's Lehrbuch der Geognosie S. 802.
2) Goldfufs a. a. O. S. 82.

Agens wirkte, dafs also auch die Bildung von Bittermagnesitkrystallen hier vollkommener und deutlicher vor Statten gegangen sey, als an davon entfernteren Punkten. Das durch diese Quellen an die Oberfläche beförderte Wasser, wird natürlich, wie jedes Wasser, in seinem Verlauf theilweise wieder nach unten in das Gestein [1]) gedrungen und auf diesem Wege ebenfalls, von oben nach unten umändernd auf den Kalk eingewirkt haben und zwar mehr an der Oberfläche auf diesem Wege, als auf tiefere Schichten und mehr auf Punkte, die dem Ursprunge derselben näher lagen, als auf weiter entfernte, ganz den Erscheinungen entsprechend, wie wir sie finden, welche uns an vielen Orten ein Abnehmen des Gehaltes an Magnesia von oben nach unten und ebenso häufige Unterschiede in derselben in horizontaler Erstreckung kennen lehrten. Auf diese Weise wird man auch das Undeutlichwerden der Schichten und der Versteinerungen leicht begreiflich finden. Nach den jetzigen Reliefformen der dortigen Gegend möchte es ebenfalls schwer zu erklären seyn, wie an dem und jenem Punkte, namentlich auf den uns jetzt als Berggipfel erscheinenden, eine Quelle, ein See u. s. w. habe entstehen oder bestehen können; doch müssen wir dabei nicht vergessen, dafs diese Verhältnisse grofse Veränderungen haben erfahren können, ja gewifs auch erfahren haben. Dafs wenigstens *eine* solche eingetreten sey, die jene ganze Gegend, nachdem sie aufgehört hatte, Meeresgrund zu seyn und festes Land geworden war, abermals mit Wasser bedeckte, davon haben wir die deutlichsten Beweise in der ungeheuren Masse von Knochen, die in den so zahlreichen Höhlen gefunden werden, und zwar unter Umstän-

1) Dafs auch der ganz dichte unveränderte Kalk für Wasser nicht undurchdringlich sey, davon kann man sich in einem Bergkeller des Gastwirths Mühlhäuser in Muggendorf leicht überzeugen. Dieser Keller ist ziemlich tief in dem Glasenberg und zwar weit unter dem Dolomit hineingetrieben. Aller Orten nun haben sich an seinen Wänden und an der Decke eine zahllose Menge äufserst zarter und zerbrechlicher Stalactiten gebildet, die ihre Entstehung dem von oben her den Kalk durchsickernden atmosphärischen Wasser verdanken.

den, die beweisen, dafs wenigstens viele davon durch Fluthen an ihren jetzigen Platz gekommen seyen. Nicht alle Erscheinungen aber, die wir als Störung früherer Verhältnisse der Gebirgsmassen ansehen müssen, lassen sich aus der Einwirkung von Wasser allein erklären; gewifs waren hier auch vulkanische Kräfte thätig. Der aufserordentlich häufige Wechsel im Streichen und Fallen der Schichten, — der wie ich schon weiter oben auseinandergesetzt habe, durchaus nicht nur an einzelnen Punkten, und freistehenden, nicht in Spannung erhaltenen Felsen zu beobachten ist, — die überall sich kund gebende Zerklüftung und Zerreifsung der Felsmassen, die, wie sich in den Höhlen häufig zeigt, auch tief im Inneren der Berge zu beobachten ist, ja diese Höhlenbildung selbst, führen uns mit Nothwendigkeit auf die Annahme solcher »abyssodynamischer« Einwirkungen hin.

Durch solche Bewegungen nun und die dabei entstehenden Spalten in der Erdrinde mögen wohl jene magnesiahaltigen Quellen hervorgerufen worden seyn; oder, wenn auch diefs nicht der Fall war, doch ihre umändernden Eigenschaften auf das zertrümmerte und zerklüftete Gestein in gröfserem Maafse ausgeübt haben, wie diefs auch von Naumann [1]) angenommen wird. Der Einfluſs, den Erschütterungen der Erdrinde namentlich auf den Lauf der Quellen und Flüsse haben, ist ja allbekannt, besonders wenn ungleichmäfsige Niveauveränderungen damit verbunden sind, wodurch schon grofse Ueberschwemmungen, ja bleibende Seen gebildet wurden.

Ich glaube, dafs man mit diesen Annahmen wohl ausreicht, um die Dolomitisirung des Kalkes in dem vorliegenden Falle erklären zu können, und da unter denselben keine ist, welche nicht durch Erscheinungen, die wir noch jetzt beobachten können, als möglich sich herausstellt, so dürfte auch die darauf gegründete Erklärungsweise jener Umwandlung als die einfachste und wahrscheinlichste erscheinen.

1) A a. O. S. 808.

II. *Ueber die bei der Destillation des Holzes sich erzeugenden flüchtigen Oele, welche leichter als Wasser sind; von Dr. C. Voelcker, Professor in Solothurn.*

Mit dem Namen Eupion bezeichnet man allgemein eine grofse Anzahl flüchtiger Oele, die bei der Destillation der verschiedensten organischen Stoffe, als Holz, fette Oele, thierische Substanzen u. s. w. sich bilden, und die leichter als Wasser sind. Man nahm bisher an, dafs die bei der Destillation so heterogener Materialien erhaltenen flüchtigen Oele eine gleiche Zusammensetzung besitzen, obwohl man aus der ungleichen Zusammensetzung der der Destillation unterworfenen Substanzen auf verschiedenartige Zersetzungsproducte hätte schliefsen sollen, weil Reichenbach, welcher sich zuerst mit der Untersuchung der Producte der trockenen Destillation organischer Substanzen befafste, angab, ein und dasselbe flüchtige Oel, das Eupion, aus jedem Theer erhalten zu haben. Aus den Abhandlungen von Reichenbach geht jedoch hervor, dafs er sein reines Eupion aus dem Oeltheer abgeschieden hat, indem nach seiner Angabe das aus dem Holztheer abgeschiedene Eupion noch mit mehreren flüchtigen Körpern vermischt ist, von welchen Reichenbach das Eupion nicht zu trennen vermochte.

Hefs [1]) in Petersburg untersuchte später die bei der Zersetzung der fetten Oele sich bildenden flüchtigen Oele, und fand, dafs dieselben genau wie der Doppelkohlenwasserstoff: C_2H_4 zusammengesetzt sind, und durch die Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure, wobei Kohlenstoff ausgeschieden wird, in eigentliches Eupion: C_5H_{12} übergehen.

Ueber die flüchtigen Oele, welche bei der Destillation des Holztheers zuerst übergehen, und leichter als Wasser sind,

1) Pogg. Ann. Bd. XXXVI, S. 417 und Bd. XXXVIII, S. 378.

sind, ist meines Wissens keine weitere Untersuchung unternommen worden; man hielt dieselben für identisch mit dem aus dem Oeltheer abgeschiedenen flüchtigen Oelen. Ich habe, um hierüber Aufschluſs zu erhalten, besonders da ich dieselben sehr leicht aus der hiesigen Holzessigfabrick des Hrn. Kottmann beziehen konnte, eine Untersuchung dieser Körper unternommen.

Das rohe Oel, wie ich dasselbe aus der genannten Fabrik erhielt, besitzt eine gelbliche Farbe, welche bei längerem Aufbewahren in eine braune übergeht, und einen eigenthümlichen Geruch. Dasselbe wurde, um es farblos zu erhalten, zuerst mit Wasser destillirt, wobei es aber stets gelblich gefärbt überging, und zwar im Anfang der Destillation Oel mit nur wenig Wasser, darauf Oel mit gleichviel Wasser, und zuletzt mit dem Wasser nur sehr wenig Oel, während in dem Rückstande eine theerartige Masse von unangenehmen Geruch blieb. In dem vom Oel getrennten Wasser fand sich noch Essigsäure, Holzgeist so wie die im rohen Holzgeist vorkommenden Körper, Mesit u. dgl.

Das durch die Destillation mit Wasser gereinigte Oel wurde nun, da es sich ergab, daſs man es mit einem Gemische ungleichflüchtiger Oele zu thun habe, für sich destillirt und das Destillat in mehreren Portionen aufgefangen. Das Oel beginnt hierbei schon bei 70° C. zu sieden, allein das Thermometer steigt sehr rasch, so daſs bis 130° C. von einem Pfunde Oel nur ungefähr eine Unze überdestillirte, welche Menge gesondert wurde. Von 130° C. steigt das Thermometer langsamer; das bis 160° C. übergehende Oel wurde wieder besonders aufgefangen, sowie das von 160° bis 205° C. übergehende, bei welcher Temperatur sämmtliches Oel überdestillirt war. Sämmtliche drei Theile Oel waren von gelblicher Farbe; jeder derselben wurde besonders untersucht.

Erster Theil.

Das von 75 bis 130° C. übergegangene Oel, das ätherartig riecht, wurde, um anhängende Essigsäure, Holzgeist

u. s. w. zu entfernen, mit Wasser gewaschen, und darauf mit concentrirter Kalilauge geschüttelt, welche sich sogleich dunkel färbte. Nach längerer Einwirkung wurde das Oel mit Zusatz von Wasser von der Kalilösung abdestillirt. Das Oel ging auch hernach gelblich gefärbt über. In dem mit überdestillirten Wasser fand sich eine kleine Menge Holzgeist; in der Kalilauge, Essigsäure, etwas Kreosot, sowie in geringer Menge übelriechendes, schmieriges, theerartiges Harz, das durch Säuren abgeschieden wird. Das Auftreten von Holzgeist und Essigsäure weist einen Gehalt von essigsaurem Methyloxyd in dem rohen Oele nach, welches auch die Ursache des niederen Siedepunkts des rohen Oels ist. Die theerartige Masse ist offenbar aus der Einwirkung des Kali auf ein Gemengtheil, und zwar des färbenden Bestandtheils entstanden. Die Natur dieser färbenden Substanz liefs sich nicht ermitteln, da sich dieselbe sehr leicht und zwar nicht blofs durch Einwirkung von starken Säuren und Basen, sondern auch schon durch basische Salze verändert, und in eine harzartige Masse umsetzt. Dieselbe Substanz ist gleichfalls in rohem und destillirtem Holzessig vorhanden, und wenigstens theilweise die Ursache der Farbe des Holzessigs, sowie der Bildung einer pechartigen Masse, welche sich bei der Sättigung des destillirten Holzessigs mit Kalk oder Bleioxyd in der Wärme abscheidet.

Da nun auch bei wiederholter Behandlung mit Kalilauge das Oel nicht farblos erhalten wurde, weil das Oel doch in keine vollständige Berührung mit der wirkenden Base kommt, so versuchte ich statt der wäfsrigen Lösung von Kali eine Auflösung von Kali in absolutem Alkohol, mit welcher sich das Oel in allen Verhältnissen mischen läfst. Vermischt man das Oel mit einem gleichen Volumen einer gesättigten Lösung von Kali in absolutem Alkohol, so färbt sich dasselbe tief dunkelbraun, und destillirt man nach längerer Einwirkung das Oel ab, unter Zusatz von Wasser, wenn der gröfste Theil des Alkohols übergegangen ist, so erhält man dasselbe farblos und von angenehmem ätherartigen Geruch. Aus dem rückständigen Kali scheiden Säuren

einen theerartigen braungefärbten Körper in geringer Menge ab. Bei wiederholter Behandlung des Oels mit der alkoholischen Kalilösung färbte sich die Flüssigkeit nur schwach gelblich.

Das klare farblose Oel wurde durch Waschen zuerst mit schwefelsäurehaltigem, darauf reinem Wasser, von Weingeist, einer Spur Ammoniak, sowie einer flüchtigen organischen Base befreit, über Chlorcalcium entwässert und sodann destillirt. Das Oel beginnt schon unter 100° C. überzugehen, das volle Sieden tritt bei 105° C. ein, wobei aber das Thermometer beständig steigt; das bis 110° C. übergehende Oel wurde besonders aufgefangen, ebenso der Theil des Oels, welcher zwischen 110° und 120° C., sowie der von 120 bis 130° C. überdestillirt wurde. Jede dieser drei Portionen Oel wurde wieder der fractionirten Destillation unterworfen; es war aber nicht möglich ein Oel von constantem Siedepunkt zu erhalten. Dessen ungeachtetet habe ich, da auch alle anderweitigen Versuche eine Trennung der verschiedenen Oele zu bewirken, erfolglos blieben, dieses offenbar gemengte Oel der Analyse unterworfen, um über die Zusammensetzung desselben Aufschluſs zu erlangen.

I. 0,327 Grm. Oel gaben 0,935 Grm. Kohlensäure und 0,264 Grm. Wasser.

II. 0,341 Grm. derselben Substanz gaben 0,973 Grm. Kohlensäure und 0,273 Grm. Wasser.

In 100 Theilen giebt dieſs:

	I.	II.
Kohlenstoff	78,18	77,99
Wasserstoff	8,95	8,88
Sauerstoff	12,87	13,13
	100,00	100,00,

Aus diesen Analysen geht hervor, daſs das Oel nicht die Zusammensetzung des ölbildenden Gases besitzt, indem der Kohlenstoff zum Wasserstoff nach Atomen sich wie 3:4 verhält, und auſserdem eine bedeutende Menge Sauerstoff in die Zusammensetzung des Oels tritt. Sucht man

auf obige Analysen eine Formel zu berechnen, so erhält man als einfachste folgende: $C_{24}H_{32}O_3$, welche in 100 Theilen giebt:

		berechnet:
24 At. Kohlenstoff	1800,00	78,26
32 At. Wasserstoff	200,00	8,69
3 At. Sauerstoff	300,00	13,05
	2300,00	100,00.

Das Oel besitzt folgende Eigenschaften: Ist es klar, farblos, dünnflüssig, von ätherartigem Geruch, und brennendem Geschmack, brennt mit leuchtender etwas rufsender Flamme, specifisches Gewicht = 0,841. In Wasser nur wenig löslich, mit Alkohol und Aether in allen Verhältnissen mischbar. Von concentrirter Schwefelsäure wird es gänzlich zerstört und unter gleichzeitiger Bildung einer gepaarten Schwefelsäure in ein braunes Harz verwandelt, ohne Einwirkung von schwefliger Säure, wenn die Mischung von Oel mit Schwefelsäure vorsichtig geschieht, so dafs sie sich nicht zu stark erhitzt. Von concentrirter Salpetersäure wird das Oel gleichfalls sehr heftig angegriffen und unter Einwirkung von rothen Dämpfen in eine gelbe harzartige Masse verwandelt, die in der Säure aufgelöst bleibt, und durch Vermischen mit Wasser abgeschieden wird.

Das von 110 bis 120° C. übergehende Oel stimmt in seinen Eigenschaften fast ganz mit dem vorigen überein; nur der Geruch ist etwas verschieden, ferner das specifische Gewicht etwas gröfser = 0,846. Von concentrirter Schwefelsäure wird es gleichfalls zerstört, jedoch scheidet sich nach dem Vermischen mit Wasser neben dem Harz eine sehr geringe Menge von Oel ab, das sich davon abdestilliren läfst. Gegen concentrirte Salpetersäure verhält es sich wie das vorige.

Bei der Analyse wurden folgende Resultate erhalten:

I. 0,299 Grm. Oel gaben 0,882 Grm. Kohlensäure und 0,241 Grm. Wasser.

II. 0,351 Grm. derselben Substanz gaben 1,031 Grm. Kohlensäure und 0, 284 Grm. Wasser.

Berechnet man auch hier wieder aus den Resultaten der Analysen eine Formel, so ergiebt sich folgende: $C_{30}H_{40}O_3$, welche in 100 Theilen giebt:

	berechnet:		I. gefunden:	II. gefunden:
30 At. Kohlenstoff	2250,00	80,36	80,45	80,17
40 At. Wasserstoff	250,00	8,93	8,95	8,97
3 At. Sauerstoff	300,00	10,71	10,60	10,86
	2800,00	100,00	100,00	100,00.

Kohlenstoff und Wasserstoff stehen auch hier im Verhältnifs von 3 zu 4. Aus dem Vergleich der Formel $C_{30}H_{40}O_3$ mit der Formel: $C_{24}H_{32}O_3$ geht hervor, dafs der Sauerstoffgehalt der bei steigender Temperatur übergehenden Oele abnimmt, während das Verhältnifs von Kohlenstoff sich gleich bleibt. Das zwischen 120 und 130° C. überdestillirende Oel stimmt bis auf den Geruch, der etwas von dem Geruch des vorigen verschieden ist, und dem etwas gröfseren specifischen Gewicht = 0,851, in seinen übrigen Eigenschaften und seinem Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure und Salpetersäure mit dem von 110 bis 120° C. überdestillirenden überein. Die Analyse weist auch hier eine Abnahme von Sauerstoff nach, während das Verhältnifs von Kohlenstoff zu Wasserstoff sich gleich bleibt.

0,2575 Oel gaben 0,777 Grm. Kohlensäure und 0,214 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

Kohlenstoff	82,25
Wasserstoff	9,22
Sauerstoff	8,53
	100,00.

Die einfachste Formel, welche sich aus diesem Resultate berechnen läfst, ist: $C_{39}H_{52}O_3$, wodurch das über das Verhältnifs vom Kohlenstoff zu Wasserstoff Gesagte bestätigt wird.

Zweiter Theil des Oeles.

Das von 130 bis 160° C. übergehende Oel beträgt, der Menge nach, den dritten Theil des zur Destillation verwand-

toh. Es ist wie das zuerst übergehende gelblich, und wurde zur Entfernung des farbigen Bestandtheils, wie das vorhergehende Destillat, mit einer alkoholischen Auflösung von Kali behandelt. Das Gemisch von Oel mit der Kalilösung färbt sich dunkelbraun; nach längerer Einwirkung wurde das Oel, wie im vorhergehenden beschrieben wurde, abdestillirt. Hierbei zeigte es sich, dafs das Oel durch einmalige Behandlung mit der alkoholischen Kalilösung nicht ganz farblos wurde, weswegen dieselbe erneuert wurde. Aus dem in der Retorte zurückbleibenden Kali scheiden Säuren eine übelriechende theerartige Substanz ab, woraus durch Destillation mit Wasser eine kleine Menge Kreosot geschieden wurde. Alles mit dem Weingeist und Wasser überdestillirte Oel reagirt, nach der Entfernung des Weingeistes durch Waschen mit Wasser, alkalisch, und hat einen betäubenden Geruch, welcher von einer geringen Menge eines flüchtigen Alkaloïds herrührt und durch Schütteln mit verdünnter Schwefelsäure verschwindet. Nachdem das Oel durch Waschen mit Wasser von der Schwefelsäure befreit war, wurde es über Chlorcalcium entwässert, darauf destillirt, und das von 10 zu 10° C. übergehende Oel besonders aufgefangen.

Das von 130 bis 140° C. übergehende Oel ist klar, farblos, dünnflüssig, besitzt einen dem vorigen ähnlichen ätherartigen Geruch, brennt mit leuchtender rufsender Flamme, hat ein specifisches Gewicht von 0,853. Ist in allen Verhältnissen mit Alkohol und Aether mischbar. 0,443 Grm. Oel gaben 1,359 Grm. Kohlensäure und 0,374 Grm. Wasser, in 100 Theilen:

Kohlenstoff	83,72
Wasserstoff	9,37
Sauerstoff	6,91
	100,00.

Von concentrirter Salpetersäure wird das Oel heftig angegriffen; von concentrirter Schwefelsäure weniger; Wasser scheidet aus der braungefärbten Mischung Harz mit wenig Oel ab.

Das zwischen 140 und 150° C. überdestillirende Oel stimmt mit dem vorigen fast ganz überein. Das specifische Gewicht desselben ist etwas gröfser, nämlich: 0,857.

0,285 Grm. Substanz gaben bei der Analyse 0,880 Grm. Kohlensäure und 0,245 Grm. Wasser.

In 100 Theilen:

Kohlenstoff	84,21
Wasserstoff	9,55
Sauerstoff	6,24
	100,00.

Der von 150 bis 160° C. übergehende Theil des Oels besitzt ein specifisches Gewicht = 0,865. Im Uebrigen ist dieser Theil nicht von dem vorhergehenden zu unterscheiden.

0,274 Grm. dieses Oels gaben bei der Verbrennung 0,854 Grm. Kohlensäure und 0,237 Grm. Wasser.

In 100 Theilen

Kohlenstoff	84,97
Wasserstoff	9,86
Sauerstoff	5,35
	100,00.

Die Analyse der von 130 bis 160° C. überdestillirten Oele weisen, wie die der Oele, welche von 105 bis 130° C. übergehen, ein constantes Verhältnifs des Kohlenstoffs zum Wasserstoff von 3:4 nach.

Concentrirte Salpetersäure greift die von 140 bis 160° C. übergehende Oele weniger an, als die bei niederer Temperatur sich verflüchtigenden. Ein grofser Theil von dem Oel wird zwar zerstört, allein ein anderer, wenn auch viel geringerer Theil desselben schwimmt unzersetzt auf der Säure, und wird erst nach längerer Einwirkung verharzt. Concentrirte Schwefelsäure wirkt auf ähnliche Weise; auch hier schwimmt ein Theil des Oels unzersetzt auf der durch die Zerstörung eines anderen Theils Oel braungefärbten Säure.

Dieses Verhalten der concentrirten Schwefelsäure gegen diese Oele giebt, wie man aus dem Folgenden ersehen wird,

ein Mittel an die Hand, die Trennung der Oele wenigstens theilweise zu bewirken.

Dritter Theil des Oeles.

Der von 160 bis 205° C. übergehende Theil des Oels, welcher etwas über die Hälfte des Ganzen beträgt, wurde derselben Reinigung wie der zweite unterworfen. Es war jedoch nicht möglich durch die Einwirkung einer alkoholischen Kalilösung und darauf folgende Destillation das Oel vollkommen farblos und von reinem Geruch zu erhalten. Das mit dem Wasser übergehende Oel, besonders die letzten Antheile desselben, waren stets etwas dickflüssig, gelblich gefärbt und zeigten einen Beigeruch, der auch durch Schütteln mit verdünnter Schwefelsäure nicht verschwand. Bei der Destillation des entwässerten Oels gingen zwar die ersten Antheile farblos über, die letzten Theile waren dagegen stets gefärbt, während zugleich ein geringer gefärbter harziger Rückstand blieb. Von dieser Beimengung eines gefärbten harzartigen Stoffes konnte das Oel nur durch Destillation über einige Stücke festes Aetzkali gereinigt werden, welches letztere sich braun färbte, während das Oel vollkommen farblos, dünnflüssig und von reinem Geruch überging. Das Oel wurde nun wieder für sich destillirt, und das Destillat in drei Portionen aufgefangen, nämlich:

erste Portion von 160 bis 170° C.
zweite » » 175 » 190° C.
dritte » » 190 » 205° C.

Bei letzterer Temperatur war sämmtliches Oel ohne Rückstand überdestillirt. Der Menge nach waren die drei Portionen Oel einander nahezu gleich. Das specifische Gewicht der Oele nimmt mit dem Siedpunkt derselben zu;

das der ersten Portion (160 – 175° C.) ist 0,867
» » zweiten » (175 — 190° C.) » 0,871
» » dritten » (190 — 205° C.) » 0,877.

Die von 160 bis 205° C. überdestillirenden Oele zeigen unter sich die gröfste Aehnlichkeit; auch weichen sie

in ihrem allgemeinen Eigenschaften nicht von den bei niederer Temperatur destillirenden ab.

Bei der Analyse ergaben sich folgende Resultate:

0,334 Grm. der ersten Portion von 160 — 175° C. gaben 1,044 Grm. Kohlensäure und 0,292 Grm. Wasser.

In 100 Theilen

Kohlenstoff	85,55
Wasserstoff	9,70
Sauerstoff	4,75
	100,00.

0,396 Grm. der zweiten Portion (von 175 — 190° C.) gaben 1,244 Grm. Kohlensäure und 0,346 Grm. Wasser

In 100 Theilen

Kohlenstoff	85,62
Wasserstoff	9,70
Sauerstoff	4,69
	100,00.

0,301 Grm. der dritten Portion (von 190 — 205° C.) gaben 0,945 Grm. Kohlensäure und 0,263 Grm. Wasser.

In 100 Theilen

Kohlenstoff	85,90
Wasserstoff	9,73
Sauerstoff	4,37
	100,00.

Auch bei diesen drei letzten Antheilen des Oeles steht der Kohlenstoff zum Wasserstoff im Verhältnifs wie 3:4.

Die von 160 bis 205° C. übergehende Oele weichen in ihrem Verhalten gegen concentrirte Salpetersäure und Schwefelsäure wesentlich von dem in niederer Temperatur überdestillirenden ab. Während diese letzteren von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure sehr heftig und zwar schon bei gewöhnlicher Temperatur angegriffen werden, ist die Einwirkung dieser Säuren auf die Oele, deren Siedepunkt zwischen 160 und 205° C. liegt, bei gewöhnlicher Temperatur ungleich geringer, und zwar um so geringer, je höher der Siedepunkt. Gieſst man concentrirte

Salpetersäure zu diesen Oelen, so färbt sich zwar die Säure gelb, jedoch schwimmt der gröfste Theil des Oels unzersetzt auf der Säure, und fängt erst nach längerer Zeit an sich zu verharzen; beim Erhitzen dagegen tritt die Zersetzung rascher ein. Schüttelt man diefs Oel mit concentrirter Schwefelsäure, so wird unmittelbar nur ein geringer Theil des Oels von der Säure aufgelöst; der gröfste Theil schwimmt auf derselben, und verschwindet erst nach sehr langer Zeit.

Da, wie wir gesehen haben, die Oele um so weniger von concentrirten Säuren angegriffen werden, je höher der Siedepunkt der Oele ist, und da ferner mit dem steigenden Siedepunkt derselben der Gehalt an Sauerstoff abnimmt, so war zu vermuthen, dafs bei der Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure auf die Oele zuerst nur die sauerstoffhaltigen zerstört wurden, während die sauerstofffreien, die Kohlenwasserstoffe, unverändert bleiben. Ich habe zu dem Ende eine gröfsere Menge der von 160 bis 205° C. überdestillirenden Oele mit concentrirter Schwefelsäure in der Art vermischt, dafs die Säure nach und nach zugesetzt wurde, um eine Erhitzung zu vermeiden. Nachdem ein gleiches Volumen Schwefelsäure zugesetzt war, liefs man unter öfterem Schütteln die Säure auf die Oele längere Zeit wirken; darauf wurde das Oel von der braungefärbten dickflüssigen Schwefelsäure abgezogen, nochmals mit der Hälfte seines Volumens Schwefelsäure vermischt, wobei sich das Oel nur wenig färbte, und diese Operation wiederholt, bis keine Färbung der Säure mehr eintrat. Das von der Schwefelsäure abgezogene Oel wurde darauf zur Entfernung jeder Spur von Schwefelsäure mit Wasser gewaschen, sodann mit Wasser destillirt, und entwässert. Das klare, farblose, dünnflüssige Oel zeigt nun einen ganz verschiedenen Geruch, der Aehnlichkeit hat mit dem Geruch der Oele, welche bei der Destillation von Harz, und dergleichen sich bilden. Das Oel *ist unlöslich in* Wasser, leicht löslich in Alkohol und Aether, und brennt mit rufsender Flamme.

Bei der Destillation beginnt es schon bei 150° C. überzugehen; das Sieden tritt ein bei 155° C., wobei aber das Thermometer beständig steigt bis auf 205° C., bei welcher Temperatur der letzte Theil des Oels ohne Rückstand überdestillirt.

Das Destillat wurde in fünf Portionen aufgefangen, nämlich:

erste Portion	von	150—160° C.;	spec.	Gew.	=0,864
zweite »	»	160—170° C.;	»	»	=0,867
dritte »	»	170—180° C.;	»	»	=0,871
vierte »	»	180—190° C.;	»	»	=0,877
fünfte »	»	190—205° C.;	»	»	=0,881.

Die Analysen dieser fünf Portionen Oel ergaben folgendes:

I. 0,326 Grm. Oel der ersten Portion gaben 1,071 Grm. Kohlensäure, und 0,301 Grm. Wasser.

II. 0,227 Grm. Oel der zweiten Portion gaben 0,746 Grm. Kohlensäure, und 0,207 Grm. Wasser.

III. 0,263 Grm. Oel der dritten Portion gaben 0,867 Grm. Kohlensäure, und 0,236 Grm. Wasser.

IV. 0,278 Grm. der vierten Portion: 0,914 Grm. Kohlensäure und 0,257 Grm. Wasser.

V. 0,212 Grm. der fünften Portion: 0,698 Grm. Kohlensäure und 0,196 Grm. Wasser.

In 100 Theilen

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlenstoff	89,60	89,72	89,99	89,66	89,83
Wasserstoff	10,21	10,13	9,99	10,25	10,25
	99,81	99,85	99,98	99,91	100,08.

Es ergiebt sich hieraus, dafs die fünf bei steigender Temperatur übergehenden Oele eine gleiche Zusammensetzung besitzen, dafs dieselben sauerstofffrei, und nach der Formel: $C_3 H_4$ zusammengesetzt sind, welche giebt:

3 At.	Kohlenstoff	225,00	90,00
4 At.	Wasserstoff	25,00	10,00
		250,00	100,00.

Bei längerer Einwirkung von Schwefelsäure auf diese Oele, besonders beim Erwärmen des Gemisches, entstehen gepaarte Säuren, auf die ich in einer folgenden Abhandlung zurückkommen werde.

Fassen wir nun sämmtliche Resultate dieser Untersuchung zusammen, so ergiebt sich, dafs die bei der Destillation des Holzes sich erzeugenden flüchtigen Oele, welche leichter als Wasser sind, obgleich ihre Anzahl unstreitig sehr bedeutend ist, doch in ihrer Zusammensetzung eine grofse Uebereinstimmung zeigen. Es sind nämlich theils Kohlenwasserstoffe von der Formel: C_3H_4, isomerisch mit dem Mesitylen, dem Oenol nach Berzelius; theils Sauerstoffverbindungen dieser Kohlenwasserstoffe. Ich vermuthete zuerst, dafs die sauerstoffhaltigen Oele von den sauerstofffreien sich nicht blofs durch den Gehalt an Sauerstoff, sondern auch an Wasserstoff unterscheiden, ich glaubte diese wären die Hydrate der Kohlenwasserstoffe; dieser Ansicht stand jedoch der durch die Analysen gefundene Wasserstoffgehalt entgegen, der hätte gröfser seyn müssen, wenn diese Ansicht die richtige gewesen wäre.

Es entsteht nun die Frage: woraus haben sich wohl diese flüchtigen Oele gebildet? Vergleichen wir nun die Formel C_3H_4 oder ein Multiplum derselben, mit der Formel der Essigsäure; $C_4H_6O_3+H_2O$, oder des Acetons: C_3H_6O, so sehen wir sogleich, dafs die sauerstofffreien flüchtigen Oele als Zersetzungsproducte der Essigsäure oder des Acetons, welches letztere ja auch unter den Producten der trocknen Destillation des Holzes sich findet, betrachtet werden können.

$$C_4H_6O_3+H_2O=C_3H_4+CO_2+2H_2O.$$

Die sauerstoffhaltigen Oele lassen sich gleichfalls als Zersetzungsproducte der Essigsäure ansehen, indem sie entstehen können, wenn von der Essigsäure die Elemente von Wasser und Kohlenoxyd, oder mit diesen noch Kohlensäure, sich ausscheidet.

$$C_4H_6O_3 + H_2O = C_3H_4O + 2H_2O + CO;$$

oder

$$2(C_4H_6O_3 + H_2O) = C_6H_8O + 4H_2O + CO + CO2;$$

oder

$$4(C_4H_6O_3 + H_2O) = C_{12}H_{16}O + 8H_2O + CO + 3CO_2.$$

Dafs die Essigsäure wirklich derartige Zersetzungen erleidet, geht aus den Untersuchungen von Liebig und Heifs hervor, welcher letztere fand, dafs der flüchtigere Antheil des Oels, das sich bei der Bereitung des Acetons aus essigsauren Salzen bildet, identisch mit Mesityloxyd ist.

Auch der Holzgeist kann für ein Zersetzungsproduct der Essigsäure gehalten werden. Zieht man von der Formel der wasserhaltigen Essigsäure 2 At. Kohlenoxyd ab, so bleibt die Formel des Holzgeistes:

$$\overbrace{C_4H_6O_3 + H_2O}^{\text{1 At. Essigsäure.}} = \overbrace{C_2H_6O + H_2O + 2CO}^{\text{1 At. Holzgeist.}}.$$

Ich mufs jedoch bemerken, dafs ich bei mehreren Versuchen, indem ich Essigsäure durch glühende Röhren leitete, unter den Zersetzungsproducten den Holzgeist vergebens suchte.

Bekanntlich scheidet sich bei der Sättigung des Holzessigs mit Kalk brenzliches Oel ab. Der Theil desselben, welcher erst über 100° C. übergeht, ist, nach einer Untersuchung, die ich kürzlich unternommen habe, identisch mit den in dieser Abhandlung beschriebenen flüchtigen Oelen.

III. *Zur Geschichte des Leidenfrost'schen Phänomens.*

Veranlafst durch die vor einigen Monaten in diesen Annalen (Bd. 81 S. 320) zur Sprache gebrachte Reclamation des Hrn. Dr. R. Böttger gegen Hrn. Schnaufs macht mir Hr. Dr. Emsmann, in Stettin, in einem Briefe vom 30. Januar d. J., bemerklich, dafs beide Physiker, was die Beobachtung der zackigen Gestalt eines dem Leidenfrost'schen Versuche unterworfenen Tropfens betrifft, schon Vorgänger hatten, in sofern wenigstens, als Baudrimont 1836 im *Journ. de pharm. XVI.* 666 von zwei einander durchkreuzenden Ellipsoïden spricht, und weit früher, nämlich 1801, Klaproth in einem Aufsatz in Scherer's Allgm. Journ. d. Chemie VII. 636 sagt: »Der Rand der Kugel scheine ausgezackt zu seyn.« Hr. D. E. verweist zugleich auf sein Programm: *Geschichte des Leidenfrost'schen Phänomens*, Stettin 1845, worin er (S. 16) Böttger's Beobachtung der ungeraden Anzahl der Zacken bezweifelt und eine Erklärung giebt, welche die gerade Anzahl als etwas Wesentliches auffafst. Ich mufs hierbei indefs hinzufügen, dafs doch wohl Keiner diese gerade Anzahl so bestimmt und vielfältig beobachtet hat als Hr. Schnaufs. P.

IV. *Ueber die Pseudomorphosen des Serpentins von Snarum und die Bildung des Serpentins im Allgemeinen; von Gustav Rose.*

Bekanntlich zeigte Quenstedt[1]) zuerst durch eine gründliche Untersuchung der Krystalle des Serpentins von Snarum im südlichen Norwegen, dafs dieselben in ihrer Form mit denen des Olivins übereinstimmen, und schlofs daraus, wie aus ihrer übrigen Beschaffenheit, ihren abgerundeten Kanten, ihrem matten splittrigen Bruch, dem jede Spur von Spaltbarkeit abging, vorzüglich aber daraus, dafs ein grofser Serpentin-Krystall der Königlichen Sammlung in Berlin noch in seinem Innern aus völlig unzersetzter Olivinmasse besteht, dafs diese angeblichen Krystalle Pseudomorphosen des Serpentins nach Olivin wären. So unwiderleglich nun auch die zuletzt angeführte Thatsache die pseudomorphische Natur der Serpentinkrystalle beweist, so wurden dessen ungeachtet diese Pseudomorphosen von vielen Mineralogen nicht für solche, sondern für ächte Krystalle des Serpentins gehalten. Tamnau, Böbert, Scheerer, Hermann sprachen sich alle mehr oder weniger ausführlich in diesem Sinne aus, ja Scheerer geht sogar so weit, wegen der Uebereinstimmung dieser vermeintlichen Serpentinkrystalle mit dem Olivin in Rücksicht der Form eine eigenthümliche polymere Isomorphie zwischen Talkerde und Wasser anzunehmen.

Die Gründe, welche Tamnau[2]) gegen die Meinung Quenstedt's anführt, bestehen zuerst in der Gröfse der Krystalle, die, da dieselben zuweilen eine Länge von 14 Zoll und eine Breite von 6 Zoll erreichen[3]), alles was man von der Gröfse der Olivinkrystalle kennt, so aufserordentlich übertrifft, dafs man ohne genauere Berücksichtigung der

1) Pogg. Ann. von 1835 Bd. 36, S. 370.
2) Pogg. Ann. von 1837 Bd. 42, S. 462.
3) Böbert in der *Gaea norvegica* Heft I, S. 131.

Form, durch das allgemeine Aussehen der Krystalle allerdings schwerlich an den Olivin erinnert wird. Ferner sey die Masse, woraus die Serpentinkrystalle bestehen, durchaus dieselbe mit der des derben Gesteins, woraus sie hervortreten, so dafs also dieselbe Umwandlung, die für die Krystalle angenommen wird, nothwendig auch für die derbe Masse anzunehmen sey. Diese bilde aber nicht nur ein mächtiges Lager, sondern finde sich auch im Gneifs, und nie habe man bisher den Olivin anders als in einzelnen Krystallen oder Körnern beobachtet, die gewöhnlich nur in Basalt oder in anderen neueren vulkanischen Gesteinen eingewachsen, vorkommen, nie aber in krystallinischen Schiefern. Auch habe er bei zweimaligem Besuche der Lagerstätte nie etwas von Olivin auf derselben wahrgenommen.

Diese Gründe sprechen allerdings sehr gegen die pseudomorphische Natur der Serpentinkrystalle, und wären gewifs sehr zu beherzigen, wenn der noch Olivin enthaltende Krystall der Berliner Sammlung nicht da wäre. Diesen selbst hält Tamnau aber nach seiner eigenen Untersuchung nicht für entscheidend, die Aehnlichkeit der inneren weifsen Masse mit Olivin wäre nicht grofs, und eine chemische Untersuchung derselben nicht gemacht, ihm scheine der Kern nichts anders, als ein ungewöhnlich reiner Serpentin zu seyn. Uebrigens wäre es ganz unbegreiflich, warum bei diesem einen Krystall die Umwandlung nur einige Linien weit stattgefunden, und den Kern unberührt gelassen haben sollte, während alle übrigen zum Theil noch weit gröfseren Krystalle, ja die grofsen derben Massen des ganzen Lagers selbst, so vollkommen umgewandelt wären, dafs man auch nicht eine Spur von ihrem früheren Zustande wahrnehmen kann.

Böbert giebt in der *Gaea norvegica* [1]) eine ausführliche Beschreibung der Lagerstätte des Serpentins, bestätigt aber die Behauptung Tamnau's, dafs dort gar kein Oli-

1) Heft I, S. 135, 1835.

Olivin vorkäme, und ist daher in Bezug auf den von Quenstedt beschriebenen Krystall der Meinung, dafs eine Verwechselung des Fundortes oder der fraglichen Kernmasse des untersuchten Krystalles stattgefunden haben möge, daher denn auch die aus ihm gezogenen Resultate wenigstens für den Snarumer Serpentin keine Anwendung finden könnten.

Scheerer fügt [1]) dem Obigen noch hinzu, dafs völlig frische grüne Serpentinkrystalle in ebenso frischem Magnesit oder Titaneisen eingewachsen vorkommen. Man sehe hier nirgends Klüfte, Spalten oder Drusenräume, welche an Infiltration, Gangbildung u. s. w. erinnern könnten, und wie diese Mineralien müsse man daher auch den Serpentin für ursprünglich halten. In der Olivinform der Serpentinkrystalle läge natürlich kein Beweis für eine Umwandlung derselben, sondern höchstens nur Aufforderung, nach einem solchen Beweise zu suchen. Dieser Beweis wäre aber bis jetzt noch nicht gefunden, und würde auch, wie er sich durch genaue Besichtigung der betreffenden Lagerstätte überzeugt habe, nicht gefunden werden. Keiner, der die Lagerstätte besucht, hätte die Krystalle für Pseudomorphosen erklärt. Das vermeintliche Vorkommen von Olivin zu Snarum, sagt er in einer späteren Abhandlung [2]) habe sich als ein Irrthum ergeben; an keiner Fundstätte von Serpentinkrystallen sey bisher eine Spur von Olivin nachgewiesen worden. Ueberhaupt entbehre die Behauptung einiger Mineralogen, dafs der Serpentin als pseudomorphose Substanz auch in den Krystallformen von Augit, Amphibol, Glimmer, Spinell u. s. w. vorkomme, so sehr der chemischen Nachweisung, dafs sie einstweilen keine Berücksichtung beanspruchen könne.

Hermann [3]) beschwichtigt ebenfalls das Bedenken

1) Pogg. Ann. von 1846 Bd. 68, S. 331.

2) Isomorphismus und polymerer Isomorphismus. Braunschweig 1650 S. 39.

3) Erdmann und Marchand Journ. f. pr. Chemie von 1846 Bd. 46, S. 225.

derer, die an der Uebereinstimmung der Form der Serpentin- und Olivinkrystalle bei ihrer verschiedenen stöchiometrischen Constitution einen Anstofs nehmen möchten die ersteren für ächte Krystalle zu halten, durch Hinweisung auf viele ähnliche Fälle, die man jetzt schon beobachtet habe. Auch der Umstand, fährt er fort, der ihm übrigens zweifelhaft schiene, weil er zu isolirt da stände, das man zu Snarum einen Serpentinkrystall gefunden haben soll, dessen Kern aus Olivin bestände, würde noch nicht beweisen, dafs sich der Olivin aus Serpentin gebildet habe; er erkläre sich ganz einfach aus der gleichen Form der Molecüle von Olivin und Serpentin, und aus der davon abhängenden Möglichkeit zusammen krystallisiren zu können. Man hätte einen ganz analogen Fall an den Pistazit-Krystallen von Sillböhla in Finland, die nach Nordenskiöld einen Kern von Orthit enthielten.

Man sieht also, dafs Jedermann die Wichtigkeit des von Quenstedt beschriebenen Krystalls zugiebt; mit ihm kann freilich die Annahme, dafs die Serpentinkrystalle von Snarum ächte Kystalle sind, nicht bestehen, und diejenigen, die diefs annehmen, müssen die Thatsache bezweifeln, oder sie wie Scheerer für einen Irrthum erklären. Es schien mir daher nöthig, die Zweifel an der Wahrheit der Quenstedt'schen Behauptung zu widerlegen, und die Folgerungen zu ziehen, die sich daraus ziehen lassen, und da Quenstedt selbst sich bisher nicht wieder darüber geäufsert hat, auch nicht mehr in Berlin ist, um den viel besprochenen Krystall von Neuem untersuchen zu können, so glaubte ich, mich der Sache nicht entziehen zu können. Mit der Behauptung Quenstedt's hat es indessen seine vollkommene Richtigkeit, und die Königliche Sammlung besitzt jetzt nicht allein einen, sondern drei solcher zum Theil in Serpentin verwandelter Olivinkrystalle. Der von Quenstedt beschriebene Krystall hat eine Höhe von 6 Zoll, und ist am unteren Ende 5 Zoll lang, und etwas über 2 Zoll breit. Er stellt ein rhombisches Prisma von 130° dar, das an dem unteren Ende quer abgebrochen, und an dem oberen hauptsächlich mit einer

Zuschärfung von 76° versehen, die auf den stumpfen Kanten aufgesetzt ist; doch spitzt sich der Krystall etwas zu, da auf der einen Seite die schon unten anfangende Zuschärfungsfläche mehrfach durch die wieder auftretenden Seitenflächen unterbrochen wird; die Zuschärfungskante selbst ist abgebrochen. Der zweite Krystall hat im Ganzen eine ähnliche Form, ist nur etwas über 5 Zoll hoch und an den scharfen Seitenkanten wie auch etwas an dem oberen Ende verbrochen. Das dritte Stück ist platt, 3 Zoll breit und ebenso lang und an der einen schmalen Seite mit zollgrofsen Krystallen besetzt. Die Oberfläche der beiden ersten Krystalle ist dunkel lauchgrün, weich und ein vollständiger Serpentin, auf dem frisch abgeschlagenen Bruche sieht man aber, dafs dieser nur $\frac{1}{2}$ bis 2 Linien dick ist, und sich dann in eine sehr lichte gelblichgrüne Masse verläuft, die sich unregelmäfsig durch den Krystall zieht, und ganz weifse stark glänzende Stellen einschliefst, die so hart sind, dafs sie sich mit dem Messer nicht ritzen lassen; diese scheinen auch noch selbst Spaltungsflächen zu haben, aber die ganze Masse ist mit feinen Rissen durchzogen, die einzelnen kleinen Theile glänzen fast nach allen Seiten, so dafs sich die etwaigen Spaltungsflächen nicht bestimmen lassen. Noch interessanter in dieser Hinsicht ist der zweite Krystall; die scharfe Seitenkante ist auf der einen Seite der ganzen Länge nach abgesprengt, und auf der Bruchfläche zieht sich der Länge nach durch den ganzen Krystall eine feine Spalte von Papierdicke, welche mit höchst feinfasrigen stark durchscheinenden lauchgrünen Chrysotil ausgefüllt ist. Von dieser verbreiten sich rechts und links kleinere feinere ähnlich ausgefüllte Spalten, die ungefähr rechtwinklig auf der Hauptspalte stehen, und sich bald in ganz kleinen bald in 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien grofsen Entfernungen wiederholen. Wo die Seitenkanten sich schneller wiederholen, berühren sie sich oft und trennen sich wieder, und die ganze Masse zwischen ihnen ist, wenn auch noch glänzend und hart, doch schon grünlich gefärbt; wo sie sich in gröfserer Entfernung wiederholen, ist die

Masse dazwischen weifs, von gröfserem Zusammenhang, wie bei dem ersten Krystall, und von kleinmuschligem glänzendem Bruch. Die Hauptspalte reicht auf der unteren Grundfläche, bis auf etwa ein Drittheil in dieselbe hinein, wo sie sich auskeilt. Offenbar war hier die ganze Masse des Krystalls mit Rissen durchzogen, die sich mit Serpentin anfüllten, und von welchen aus die Zersetzung weiter vor sich gegangen ist. Das dritte Stück gleicht im frischem Bruch dem ersteren, die darauf sitzenden zollgrofsen Krystalle sind im Bruche durchweg grünlichweifs gefärbt, auch haben sie schon splittrigen Bruch, sind aber doch noch merklich härter als der vollkommene Serpentin.

Eine Probe von dem ersten Stücke wurde von Hrn. Hefftter in dem Laboratorium meines Bruders und unter seiner Aufsicht in Rücksicht seiner chemischen Zusammensetzung sowie auch seines specifischen Gewichtes untersucht.

Das specifische Gewicht wurde von mehreren kleinen Stücken, und von dem feinen Pulver bestimmt, und das Gewicht des ersteren = 3,0397; des letzteren = 3,0369 befunden. Pulver wie Stücke waren bei 100° C. zuvor getrocknet.

Für die Analyse wurde das ebenfalls bei 100° C. getrocknete gepulverte Mineral mit Chlorwasserstoffsäure aufgeschlossen; ein Theil davon zuvor zur Bestimmung des Wassergehaltes geglüht. Die Analyse gab:

		Sauerstoffgehalt:	
Talkerde	53,18	20,58	21,10
Eisenoxydul	2,02	0,46	
Manganoxydul	0,25	0,06	
Thonerde	Spur		
Kieselsäure	41,93	21,78	
Wasser	4,00	2,55	
	101,38.		

Man sieht daraus, dafs das Ganze ein Gemenge von Olivin und Serpentin ist, denn der Wassergehalt beträgt beim Serpentin etwa 13 Proc. und fehlt beim Olivin gänzlich,

was auch bei den rein weifsen und harten Theilen des untersuchten Krystalls vollkommen der Fall war, wie ich mich durch einen Löthrohrversuch überzeugte. Nach dem gefundenen Wassergehalt kann man aber die Menge des in dem Krystalle enthaltenen Serpentins leicht berechnen. Legt man hierbei die von Scheerer angestellte Analyse des Serpentins von Snarum zum Grunde, nach welcher derselbe enthält:

Talkerde	41,48
Eisenoxydul	2,43
Thonerde	2,39
Kieselsäure	40,71
Wasser	12,61
	99,62

so setzen die 4 Proc. Wasser in dem untersuchten Krystall 30,05 Proc. Serpentin voraus, bestehend aus:

Talkerde	13,16
Eisenoxydul	0,77
Kieselsäure	12,12
Wasser	4,00
	30,05

und es bleiben übrig

		Sauerstoffgehalt
Talkerde	40,02	15,49
Eisenoxydul	1,25	0,28
Kieselsäure	29,81	15,49
	71,08	

was fast vollkommen mit der Zusammensetzung des Olivins stimmt.

Aus diesen Untersuchungen geht also unläugbar hervor, dafs der untersuchte Krystall ein in Umwandlung in Serpentin begriffener Olivinkrystall ist; es folgt aber auch daraus, dafs die gar keinen Olivin mehr enthaltenden Krystalle für völlig umgewandelte Olivinkrystalle, oder für Pseudomorphosen des Serpentins nach Olivin zu halten sind. Diefs kann nicht bestritten werden, und alle die früheren Bedenken, die man gegen diese Ansicht aufge-

stellt hatte, können nun kein Hinderniss seyn, sie als angenommen, sondern es sind nur Schwierigkeiten, für die eine Erklärung gesucht werden muss und gefunden werden wird. Auch hat Blum [1]) dieselben schon zur Zeit erörtert, daher ich hier nur Einiges hinzuzusetzen nöthig habe. Was nicht die Gröfse der Pseudomorphosen betrifft, so ist der Unterschied zwischen diesen und der bis zu welcher die Olivinkrystalle bisher vorgekommen sind, allerdings sehr bedeutend. Der gröfste Olivinkrystall in der Königl. Sammlung in Berlin ist ein solcher, welcher in Glimmer eingemengt, unter den Auswürflingen an dem Monte Somma vorgekommen ist, und eine Länge von einem Zoll hat, was freilich sehr verschieden von der angeführten Gröfse der Krystalle in Snarum ist. Aber wer kann behaupten, dafs man nicht gröfsere Krystalle von Olivin finden wird. Uebertrafen nicht bei der Entdeckung die Fufs grofsen Topase von Finbo bei Fahlun (der sogenannte Pyrophysalith) noch viel mehr alle damals bekannten Topaskrystalle an Gröfse, wie die Pseudomorphosen von Snarum die jetzt bekannten Olivinkrystalle? Aufserdem hat man jetzt am Ural, am Berge Itkul, südlich von Syssersk, bei Katharinenburg Olivin in unregelmäfsig begränzten Krystallen, in Talkschiefer eingewachsen, angetroffen, die mitunter Faustgröfse haben. Sie sind von v. Beck und Hermann analysirt, und von letzterem näher beschrieben [2]), so dafs an der Sache kein Zweifel ist.

Ferner ist der Batrachit vom Rinzoniberge, den Breithaupt beschrieben hat, Rammelsberg's Analyse nach nichts anders als ein kalkhaltiger Olivin, und dieser kommt in gröfsern derben Massen vor. So kann recht gut auch der Olivin in noch gröfseren Krystallen und noch gröfseren derben Massen angetroffen werden, und man braucht ihn jetzt nicht mehr in den eigentlich vulkanischen Gebirgsarten allein zu suchen, da die angeführten Olivinab-

1) Pseudomorphosen, S. 148.

2) Erdmann und Marchand's Journal für praktische Chemie 1849. Bd. 46, S. 22.

änderungen, wie die ursprünglichen Olivinkrystalle von Snarum im krystallinisch-schiefrigen und im plutonischen Gebirge vorkommen [1]).

Dafs einzelne der Olivinkrystalle nur wenig zersetzt sind, während diefs bei anderen nicht blofs durch und durch der Fall ist, sondern auch ebenso die derbe Masse verändert ist, auf der sie aufgewachsen sind, kann auffallen, doch kann diefs von Zufälligkeiten abhängen, und kommt bei zersetzten Massen öfter vor, indem nicht selten mehr oder weniger zersetzte Theile neben andern noch ganz frischen liegen. Allerdings mögen diese Zufälligkeiten seltner vorkommen, da weder Böbert noch Tamnau und Scheerer, die sämmtlich die Lagerstätte des Serpentin von Snarum besucht und untersucht haben, dergleichen Krystalle gefunden und alle bestimmt behauptet haben, dafs kein Olivin auf der Lagerstätte vorkomme. Vielleicht wäre es aber auch möglich, dafs diese Stücke nur verkannt wären, denn Böbert führt in der Beschreibung der Lagerstätte [2]) an, dafs in der Serpentinmasse einzelne isolirte Knollen vorkämen, deren äufsere Kruste aus edlem Serpentin bestände; dann folge nach innen zu gemeiner Serpentin, dann ein Uebergang zu einem quarzigen Mittelgesteine von schmutzig weifser Farbe, und endlich ein Kern von grauem mürben Quarze. Alle diese verschiedenen Substanzen folgten sich ringförmig und ihre Uebergänge seyen vollständig und allmälig. Von dem Quarze sagt er etwas weiter unten, dafs er ein verwittertes Aussehen habe und Säuren auf ihn langsam und in geringem Grade einwirkten, was er einer Beimischung von Kalk zuschreibt. Sollte dieser angebliche mürbe, von Säuren angreifbare Quarz nicht offenbar Olivin seyn? Der noch erhaltene Olivin in den Pseudomorphosen hat wohl das Ansehen von einem rissigem mürben Quarz. Gewifsheit würde

1) In dem Syenit von Elfdalen war der Olivin auch schon früher durch Berzelius bekannt (Jahresbericht VI, S. 301).

2) A. a. O. S. 132.

darüber freilich erst durch erneuerte Untersuchung der Lagerstätte zu erhalten seyn.

Was endlich die Lage der Serpentinkrystalle mitten in ganz frischem Talkspath und Titaneisenerz betrifft, in denen man gar keine Risse und Spalten sieht, durch welche zersetzende Wässer zu dem Serpentin gelangt seyn können, so kann dieſs auch kein Grund seyn, daſs nicht dergleichen Zersetzungen doch statt gefunden haben, da kleine Ritzen leicht dem Beobachter entgehen konnten, und diese für die Zersetzung vollkommen genügen, da letztere gewiſs sehr langsam und allmälig vor sich gegangen ist. Und wer kann behaupten, daſs diese einschlieſsenden Substanzen nicht selbst Producte der Zersetzung sind. Scheerer hat selbst gezeigt, daſs der mit dem Serpentin vorkommende Talkspath, eben ein solcher und kein Dolomit ist, wofür man ihn früher gehalten hat, und was ist natürlicher als anzunehmen, daſs dieser die Talkerde enthält, die bei der Zersetzung des Olivins sich ausscheiden muſste, und die sich mit der Kohlensäure verbunden hat, die gewiſs bei dem Zersetzungsprocesse nicht fehlte, da offenbar nicht bloſs reines Wasser, sondern kohlensäurehaltiges Wasser die Zersetzung bewirkten, und alle atmosphärischen Wässer, wie Bischof gezeigt hat, kohlensäurehaltig sind. Ebenso mögen auch die andern mit dem Serpentin vorkommenden Substanzen Zersetzungsproducte seyn, der Hydrotalkit, der Glimmer, dessen häufige Bildung auf nassem Wege in den Pseudomorphosen Bischof so überzeugend dargethan hat, und vielleicht auch selbst das Titaneisenerz.

Auſser zu Snarum kennt man Serpentin mit Formen des Olivins noch von einem andern Fundorte, nämlich aus dem Fassa-Thal. Es sind dieſs die von Haidinger als ächt beschriebenen Krystalle, von denen indessen auch schon Quenstedt gezeigt hat, daſs die von Haidinger gegebene Beschreibung mit der Form des Olivins paſst, und die Krystalle als Pseudomorphosen zu betrachten sind, wofür ihr ganzes Ansehen, die abgerundeten Kanten, die matten Flächen und ihr kleinsplittriger matter Bruch spricht.

Auch scheint sich Haidinger wohl selbst jetzt dieser Ansicht zuzuneigen, da er in seinem Handbuche der bestimmenden Mineralogie [1]) die Formen des Serpentins anführt, doch hinzusetzt, dafs sie vielleicht pseudomorph wären. Diese Pseudomorphosen sind übrigens viel kleiner, als die von Snarum, an dem Stücke in der Königl. Sammlung in Berlin 3 bis 4 Linien grofs; sie sind schwärzlichgrün und auf derben Serpentin von gleicher Farbe aufgewachsen; Rückstände von Olivin habe ich nicht beobachtet [2]).

Andere Pseudomorphosen des Serpentins nach Olivin habe ich nicht gesehen, werden auch von Blum in seinem Werke über Pseudomorphosen nicht aufgeführt, indessen macht Hermann auf die Uebereinstimmung in den Winkeln des von Dufrénoy beschriebenen Villarsit mit dem Olivin aufmerksam, die allerdings sehr grofs ist, da die Winkel des zur Grundform genommenen Rhombenoctaëders betragen:

beim Olivin (nach Mohs):	beim Villarsit (nach Dufrénoy):
139 55, 85 15, 108 34	139 45, 86 56, 106 52.

1) Seite 515.

2) Die Pseudomorphosen des Serpentins nach Olivin vom Fassa-Thal sind in neuerer Zeit noch viel gröfser in Drusen vorgekommen, wo sie von den Pseudomorphosen des Serpentins nach Fassait begleitet sind, die Haidinger in den Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien 1849, Bd. VI, S. 77 beschrieben hat, und die dadurch merkwürdig sind, dafs die oft 2 Zoll grofsen zersetzten Krystalle aus lauter kleinen, unregelmäfsig liegenden, ebenfalls wieder zersetzten Fassaitkrystallen bestehen. Ich erhielt, als diese Abhandlung eben bekannt gemacht werden sollte, eine solche Druse von einem meiner Zuhörer Hrn. v. Grünewald zur Ansicht, auf der sich zwischen den Pseudomorphosen nach Fassait, eine solche nach Olivin befand, die 1 Zoll breit und ebenso hoch, gelblichweifs und sehr glattflächig und scharfkantig war. Die Pseudomorphosen zeigten das an den scharfen Seitenkanten zugeschärfte Prisma von 130°, das an den Enden vorzugsweise mit dem Rhombenoctaëder *e* (Haüy), zugespitzt war, an welchem nur untergeordnet die Flächen des Längsprisma *k* zu sehen waren. Die begleitenden Pseudomorphosen nach Fassait waren noch dadurch bemerkenswerth, dafs sie, wie es schien, nur an der Oberfläche mit kleinen Fassaitkrystallen bedeckt waren, die noch ihre völlige Frische hatten.

Da nun der Villarsit selbst von Dufrénoy als sehr serpentinähnlich beschrieben wird, indem er grünlichgelb, von geringer Härte, geringem Glanze und Durchscheinenheit geschildert wird, und dieſs auch aus der Analyse hervorgeht, indem er hiernach enthielt:

		Sauerstoff:	
Talkerde	47,37	18,37	19,73
Kalkerde	0,53	0,14	
Eisenoxydul	3,59	0,69	
Manganoxydul	2,42	0,53	
Kali	0,46		
Kieselsäure	39,61	20,57	
Wasser	5,80	5,14	
	99,78,		

so möchte es sehr wahrscheinlich seyn, dafs der Villarsit nur ein in Umwandlung begriffener Olivin ist, wie viele der Snarumer Krystalle. Hermann, der überhaupt die Serpentinkrystalle für ächte hält, betrachtet natürlich nun auch diese für ächt, da aber die Zusammensetzung von dem Serpentin verschieden ist, rechnet er Olivin, Villarsit und Serpentin zu den heteromeren Körpern, d. h. zu denjenigen isomorphen Körpern, die eine verschiedene stöchiometrische Zusammensetzung haben.

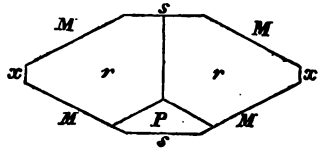
Die Krystalle des Villarsit sind übrigens nur klein, die Octaëderflächen herrschen vor und die verticalen Prismen des Olivin finden sich nur sehr untergeordnet; sie kommen zu Traversella im Dolomit eingewachsen vor. Dufrénoy [1]) rechnet zu dem Villarsit auch noch gelbe Körner, die in dem Granite des Forez vorkommen, und giebt auch davon eine Analyse, doch sind diese noch nicht in Krystallformen beobachtet. Ihr Vorkommen in dem Granite ist aber doch sehr merkwürdig, da, wenn auch diese veränderter Olivin sind, wie doch anzunehmen, man bisher noch nie einen Olivin im Granite gefunden hat.

Pseudomorphosen nach Olivin sind aber in der That nicht die einzigen, die beim Serpentin vorkommen, so we-

1) *Traité de minéralogie T. III. p.* 555.

nig Scheerer dieses Wort haben will; es finden sich noch eine grofse Menge Pseudomorphosen des Serpentins nach anderen Formen, wenn auch einige von denen, die man anführt, noch der Bestätigung bedürfen sollten. Ich will von diesen nur der Pseudomorphosen von Easton in Pensylvanien etwas ausführlicher erwähnen, da diese, so viel ich weifs, noch nicht beschrieben sind, und sich von ihnen sehr ausgezeichnete Stücke in der Königl. Sammlung befinden.

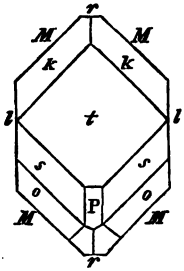
Allerdings erwähnt der ersteren schon Breithaupt [1]), doch beschreibt er nur derbe Massen von Hornblende, die in Serpentin umgewandelt sind. Die Königl. Sammlung besitzt aber ein Stück Serpentin von diesem Fundort, auf welchem nicht allein solche derbe Masse, sondern auch zersetzte Krystalle befindlich sind, die sehr deutlich die Form der Hornblende erkennen lassen; die Krystalle haben die nebenstehende Form, die Flächen sind matt aber sehr glattflächig und mit dem Anlegegoniometer die Winkel der Hornblende sehr gut zu finden. Die Masse ist etwas grünlichgelb, und völlig von derselben Beschaffenheit, wie der Serpentin von Snarum. Auch das Verhalten vor dem Löthrohr war völlig dasselbe, so dafs auch ohne Analyse nicht daran zu zweifeln ist, dafs die Masse Serpentin ist. Der gröfste Krystall ist 6 Linien lang und breit und auf der derben Masse aufgewachsen.



Die Pseudomorphosen des Serpentins nach Augit befinden sich an einem anderen Stücke und sind in ihrer Art noch ausgezeichneter, da die Formen noch ausgebildeter, die Flächen ebenso glatt und selbst noch etwas glänzend sind, wenn auch nicht so stark, dafs ihre Winkel mit dem Reflexionsgoniometer hätten gemessen werden können.

1) Schweigger-Seidel n. Jahrbuch f. Chem. und Pharm. 1831, Bd. 3, S. 282. Breithaupt führt hier auch schon an, dafs die Serpentinkrystalle von Snarum seiner Meinung nach Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin wären, ohne seine Behauptung aber näher zu begründen.

Wenn man sie aber befeuchtet, so spiegeln sie für diesen Zweck hinreichend, wenn auch immer nur sehr kurze Zeit, da die Feuchtigkeit schnell verdunstet, und die Oberfläche dann wieder trockner und wenig spiegelnd wird. Die sehr



ausgebildeten Krystalle haben die nebenstehende Form. Die Neigung der Flächen $P:t$ fand ich $= 148° 49 - 50'$, die von $P:s = 150° 3 - 12'$, von $t:s = 137° 15 - 30'$, von $s:o = 156° 40 - 50'$, von $s:s = 119° 54' - 120° 20'$, von $P:r = 103° 35 - 38'$. Es kann hiernach keine Frage seyn, dafs die Form der Pseudomorphosen die des Augits ist. Die Masse, worauf die Pseudomorphosen aufgewachsen sind, ist wie bei den vorigen von ganz gleicher Beschaffenheit, wie die Masse der Pseudomorphosen selbst.

Aufser diesen Pseudomorphosen des Serpentins kommen noch andere, nach Granat, Chondrodit, Zeilanit und Glimmer vor. Pseudomorphosen des Serpentins nach Granat in der Gegend von Schwarzenberg in Sachsen hatte schon Freiesleben vor längerer Zeit beschrieben, jedoch hatte er das Umwandlungsproduct für Chlorit gehalten. Durch Kersten's Analyse stellte es sich erst heraus, dafs es Serpentin sey. Der grünlich schwarze, stellenweise bräunlichgrüne Serpentin war besonders an den von Kalkspath umgebenen Stellen mit einem schwarzen Mineral gemengt, welches aus Magneteisenstein bestand, der sich neben dem Serpentin bei der Zersetzung des Granats gebildet hatte. Bischof entwickelt ausführlich den chemischen Procefs, der dabei vorging [1]). Auch die in dem Zöblitzer und Greifenberger Serpentin eingewachsenen Granaten wandeln sich nach Naumann und Müller in Serpentin um, und davon kann man sich an den Stücken in der Berliner Sammlung vielfach überzeugen.

Die Pseudomorphosen des Serpentins nach Chondrodit finden sich sowohl bei dem Schwedischen als Amerikani-

1) Bischof Chem. u. Phys. Geologie Bd. 2, S. 491.

schen Chondrodit, und die Umwandlung ist wegen der ähnlichen Zusammensetzung mit dem Olivin interessant. Die Pseudomorphosen nach Zeilanit und Glimmer werden von Blum angegeben.

Indessen mufs ich hier noch eines Minerals aus der Umgebung des Auschkul südlich von Miask im Ural erwähnen, das ich in meiner Beschreibung von Humboldt's Sibirischer Reise als grobkörnigen Diallag aufgeführt habe, von dem aber Hermann gezeigt hat [1]), dafs es die Zusammensetzung und das spec. Gewicht des Serpentins besitzt. Er fand nämlich letzteres = 2,57 und als Resultat einer Analyse:

		Sauerstoff:	
Talkerde	35,09	13,93	15,95
Eisenoxydul	9,13	2,02	
Thonerde	1,82		
Kieselsäure	40,21		20,86
Wasser	13,75		12,17
	100,00.		

Diese Zusammensetzung entspricht ziemlich der Formel des Serpentins $2\dot{M}g^3\ddot{S}i + 3\dot{M}g\dot{H}^2$. Im Ansehen gleicht er aber ganz dem Diallag, nur dafs er in ungewöhnlichen zollgrofsen und verhältnifsmäfsig dicken Zusammensetzungsstücken vorkommt, die in solcher Menge in dem Serpertin eingewachsen sind, dafs derselbe fast verschwindet und das Ganze wie ein körniger Diallag erscheint. Die Zusammensetzungsstücke sind eben, in einer Richtung noch vollkommen spaltbar, und in diesen perlmutterglänzend, unvollkommen und mit unebenen Flächen in einer darauf rechtwinkligen Richtung, und in dieser wie im Querbruch ist das Mineral ganz matt und von dem Ansehen der Pikrolith genannten Abänderung des Serpentins, die Farbe gelblichgrün.

Hermann findet darin drei Spaltungsrichtungen, die sich zu einander unter Winkeln von 90, 95 und 70° schneiden; er nimmt an, dafs diese den Flächen *M*, *T*, *s* und *r*

1) Erdmann und Marchand Journ. f. pr. Chem. 1849 Bd. 46, S. 226.

beim Olivin parallel gehen [1]) und betrachtet das Mineral als krystallisirten Serpentin, wie das vom Snarum. Aber abgesehen, dafs parallel den genannten Flächen nicht drei, sondern sechs Spaltungsflächen sich finden müfsten, und parallel den Flächen *s* und *r* beim Olivin gar keine Spaltbarkeit bekannt ist, habe ich in der That nichts von solchen Spaltungsrichtungen finden können. Ich kann hiernach die Stücke für nichts als Pseudomorphosen des Serpentins nach Diallag halten, wobei es interessant, aber nicht ungewöhnlich ist, dafs die Spaltbarkeit nach der Hauptfläche der tafelförmigen Individuen sich so gut erhalten hat.

Alle Krystalle, die man bei dem Serpentin aufgeführt hat, haben sich hiernach als Pseudomorphosen erwiesen, und die verschiedenartigen unter einander ganz unvereinbaren Formen, in denen der Serpentin erscheint, wären selbst der schlagendste Beweis, dafs der Serpentin in allen diesen bis auf eine pseudomorph seyn müfste. Indessen scheint auch der Serpentin als ganz amorphe Substanz gar nicht der Krystallisation fähig zu seyn. Man hat als solchen noch den Chrysotil und den Schillerspath aufgeführt. Chrysotil und Serpentin haben, wie Rammelsberg nachweist [2]), eine gleiche chemische Zusammensetzung, sie kann bei beiden durch die Formel $2\dot{M}g^3\ddot{S}i^2 + \dot{M}g\dot{H}^2$ bezeichnet werden; der Schillerspath hat nach einer kleinen Aenderung, die Rammelsberg in der von Köhler aufgestellten Formel macht [3]) die Formel

$$3\dot{M}g\ddot{S}i + 2\dot{M}g\dot{H}^2$$

In beiden Mineralien ist ein mehr oder weniger grofser Theil von Mg durch Fe ersetzt. Das Sauerstoffverhältnifs von Mg, Si und H, wäre also beim

Serpentin = 3 : 4 : 2 oder 6 : 8 : 4
Schillerspath = 5 : 9 : 4.

1) Vergl. die Haüy'schen Figuren.
2) Supplement zum WWörterbuch, Heft 3, S. 108.
3) A. a. O. Heft 2, S. 127.

Rammelsberg hat die Formel von Köhler dadurch verändert, dafs er die geringe Menge von Chromoxyd, als eingemengtem Chromeisenstein angehörig in Rechnung gebracht hat; möglich, dafs der noch stattfindende Unterschied mit dem Serpentin anderen kleinen Einmengungen, die gewifs schwer vom Schillerspath zu trennen sind, zuzuschreiben ist, und die Formel bei beiden ganz gleich wäre. Der Chrysotil findet sich nur feinfaserig als Ausfüllungsmasse kleiner Gänge im Serpentin, und die feinen Fasern scheinen allerdings wohl für nichts anderes als für unvollkommen ausgebildete Krystalle zu halten zu seyn, so dafs daraus hervorginge, dafs Substanzen von der chemischen Zusammensetzung des Serpentins auch krystallisirt vorkommen können. In Rücksicht des Schillerspaths ist es mir aber ganz zweifelhaft geworden, ob er ein selbstständiges Mineral sey, oder nicht vielmehr für ein Umwandlungsproduct nach Augit anzusehen sey. Der Schillerspath findet sich in einem Gestein, das aus einem Gemenge von Serpentin und dichtem Labrador (?) besteht, worin über zollgrofse unregelmäfsig begränzte Krystalle von grünem Augit vorkommen, die, wie schon Köhler gezeigt hat, an den Rändern mit dem Schillerspath regelmäfsig verwachsen sind. Der Augit ist nach den bekannten Richtungen spaltbar, am deutlichsten nach der Abstumpfungsfläche der scharfen Seitenkante des rhombischen Prismas von 88°, und etwas weniger deutlich nach den Seitenflächen des Prismas selbst. Der Schillerspath besitzt eine Hauptspaltungsfläche, und nach Köhler noch eine andere, viel unvollkommnere, die mit der ersten einen Winkel von 130° macht, und die Verwachsung ist, nach Köhler, nun so, dafs die Hauptspaltungsfläche des Schillerspaths in die Verlängerung der vollkommensten Spaltungsfläche des Augits fällt, und die Kanten der deutlichsten Spaltungsflächen mit der unvollkommneren, beim Augit und Schillerspath unter einander parallel sind. Von dem Daseyn der zweiten Spaltungsfläche beim Schillerspath habe ich mich nicht überzeugen können; aber der Augit ist nicht nur an den Rändern mit

Schillerspath verwachsen, sondern er findet sich auch im Innern an den Rändern kleiner Risse und Spalten, die mit Serpentin ausgefüllt sind. Kleinere Partien von Schillerspath finden sich auch wohl ohne Augit, gröfsere doch nie. Es hat daher sehr den Anschein, als sey die Bildung des Schillerspaths durch eine von Aufsen nach Innen vorgedrungene Umwandlung hervorgebracht, die kleinen Stücke des Augits sind schon ganz, die gröfseren nur an den Rändern umgewandelt. Wäre der Augit regelmäfsig begränzt, so könnte über die Metamorphose kein Zweifel bleiben, so wird sie durch die Art der Verwachsung nur wahrscheinlich gemacht.

Auch derbe Massen kommen nicht selten auf eine so eigenthümliche Weise mit Serpentin verbunden vor, dafs man auch hier unwillkührlich auf den Gedanken an eine Umänderung geführt wird. Diefs ist namentlich bei dem Dolomite der Fall, der als Lager im krystallinischen Schiefergebirge vorkommt, wie z. B. bei dem durch die Beschreibungen von v. Buch schon lange bekannten Lager von Rothzechau bei Schmiedeberg in Schlesien. »In dem weifsen kleinkörnigen Steine« sagt Hr. v. Buch [1]) »setzen eine Menge Trümmer auf von lauchgrünem, feinsplittrigen, stark durchscheinenden, fast halbdurchsichtigen Serpentinstein; in der höchsten Mächtigkeit nicht $1\frac{1}{2}$ Zoll. An manchen Orten fliefst die Masse mit dem Kalkstein zusammen, er ist grünlichweifs durch sie gefärbt, verliert aber nicht an Glanz und nicht an Ansehen des Korns. Oft aber ist die grüne Masse des Serpentins unmittelbar durch die hellweifse des Kalksteins [2]) begränzt, und auffallend sondern sich beide schönen Farben dann von einander«. In der That hat der Serpentin ganz das Ansehen, als sey er aus dem Dolomit durch Zersetzung von den vielen Klüften, mit welchen er durchsetzt ist, entstanden. Der Glimmer bil-

1) Geognostische Beobachtungen Bd. 1, S. 45.

2) Karsten hat später durch die Analyse bewiesen, dafs das Gestein nicht Kalkstein, sondern Dolomit sey.

bildet ein Lager im Glimmerschiefer, der in seiner Nachbarschaft mit Arsenikkies so durchdrungen ist, dafs derselbe durch Bergbau gewonnen wird. Auf den Glimmerschiefer folgt weiter in geringer Entfernung der Granit des Riesengebirges. Ganz ähnlich ist das Verhältnifs des Dolomits und Serpentins zu Reichenstein in Schlesien, Schemnitz in Ungarn, Sahla in Schweden. Ebenso kommt mit dem Gabbro der Serpentin oft so gemengt vor, und hat oft so die Ueberhand wie an manchen Stellen zu Volpersdorf in Schlesien, dafs man den reinen Gabbro nur für Stellen halten kann, die noch der Umwandlung entgangen sind. Oft findet sich der Serpentin an den Gränzen zweier Gesteine, wo allerdings Zersetzungen am häufigsten haben vor sich gehen können, wie z. B. nach Reufs [1]) an dem nördlichen Abhange der *Forca rossa* bei Predazzo in Tyrol, wo an der Gränze zwischen dem körnigen Kalkstein und Syenit eine $\frac{1}{2}$ bis 1 Elle mächtige Schicht von Serpentin, dem Syenite zunächst aber eine 5—6″ mächtige Lage grünen fetten Thons liegt. Der Syenit selbst ist auf eine weite Strecke hin sehr aufgelöst und eisenschüssig.

Wie aus dem Dolomit und Kalkstein, so finden sich, nach Hermann Müller [2]), zu Greifenberg in Sachsen dergleichen Uebergänge aus Exlogit und Weifsstein in Serpentin; Breithaupt beschreibt sie aus Hornblendeschiefer und Böbert aus Quarz in Serpentin. Nach diesem Beobachter liegt das mehrere 100 Lachter lange und mehr als 10 Lachter mächtige Serpentinlager von Snarum in Gneifs, der es von allen Seiten umgiebt. »Nähert man sich von diesem aus dem Serpentin von jeder beliebigen Seite her, sagt Böbert« [3]), so folgt erst auf den Gneifs eine sehr ausgebreitete Quarzbildung, dann ein Mittelding von Quarz und Bitterspath, dann ziemlich reiner Bitterspath, ferner ein Uebergang von Bitterspath in Serpentin; bei immer wachsender Zunahme dieses Uebergangs (der

1) Leonhard und Bronn Jahrb. f. Min. etc. 1840, S. 153.
2) Leonhard und Bronn Jahrb. f. Min. etc. 1846, S. 206.
3) *Gaea norvegica*, Heft 1, S. 132.

Spath wird von einer Menge Serpentinpartikeln durchschwärmt) erhält der Bitterspath ein sandsteinartiges verwittertes Ansehen und zerbröckelt mit grofser Leichtigkeit; hierauf zeigen sich Spuren von gemeinem Serpentine, und endlich schliefst die Reihe mit einem Kerne von edlem Serpentine, in dessen Mitte sich wieder Merkmale einer Specksteinbildung zeigen«. — Auch auf den Skuteruder Kobaltgruben sieht man, nach Böbert, sehr häufig den Quarz in Serpentin übergehen.

So scheint der Serpentin wohl aus den verschiedensten Gesteinen sich bilden zu können, und es scheint demnach wahrscheinlich zu seyn, dafs der Serpentin, wo und in wie grofsen Massen er auch vorkommen mag, er nie ein ursprüngliches Gestein, sondern ein solches ist, welches sich erst durch spätere Zersetzungsprocesse aus anderen gebildet hat. Er gleicht darin dem Speckstein, in welchen ebenso ganze Lagerstätten der verschiedensten Substanzen, wie z. B. zu Göpfersgrün bei Wunsiedel, von Quarz, Dolomit und Chloritschiefer verwandelt sind [1]).

Es mufs nun Gegenstand specieller Untersuchungen seyn, durch sorgfältige Analyse der verschiedenen Uebergänge der verschiedenen Gebirgsarten in Serpentin die chemischen Processe nachzuweisen, durch welche alle diese Veränderungen erfolgt sind *).

1) Vergl. darüber Nauck's treffliche Untersuchung in Poggendorff's Ann. Bd. 75, S. 129.

*) Berichtigung. Auf S. 528 in der letzten Zeile ist Dolomit statt Glimmer zu lesen.

V. *Ueber die Natur des Ozons; von G. Osann.*

Nachdem ich zwei Verbindungen durch Einwirkung von ozonisirter atmosphärischer Luft auf Auflösungen von Silber und Blei erhalten hatte (man sehe meinen letzten Aufsatz über Ozon in den Ann.) war es mir darum zu thun, ein sogenanntes *experimentum crucis* anzustellen, um in den Ozonwirren einen festen Boden zu gewinnen. Da ich die erwähnte Silberverbindung zu zwei verschiedenen Zeiten und jedesmal mit neu dargestelltem Material analysirt hatte und in beiden Fällen zu demselben Ergebnifs gelangt war, so konnte über die Richtigkeit der Analyse kein Zweifel mehr obwalten. Dagegen hatte ich von der Bleiverbindung nur eine Analyse, und zwar mit geringer Menge, 0,0661 Gr., vornehmen können. Ich nahm mir daher vor eine gröfsere Menge dieser Bleiverbindung darzustellen, um zu sehen, zu welchem Zahlenverhältnifs ich bei der Analyse derselben gelangen würde. Die Endabsicht hierbei war, mich zu vergewissern, ob wirklich dem Ozon-Sauerstoff ein eigenes Atomgewicht zukomme, weil er in diesem Fall schwerlich als eine blofse Specification des Sauerstoffs angesehen werden dürfte.

Um genau eine Parallele zwischen der Zusammensetzung des Bleioxyds und des Ozon-Sauerstoff-Bleis zu ziehen, bereitete ich beide aus demselben Material. Es wurde essigsaures Bleioxyd durch kohlensaures Natron gefällt und das kohlensaure Bleioxyd in Salpetersäure aufgelöst. Die Auflösung wurde zur Krystallisation gebracht, die erhaltenen Krystalle nochmals aufgelöst, die Flüssigkeit abgedampft und zum Krystallisiren hingestellt. Die zuerst angeschossenen Krystalle wurden herausgenommen und zum Gebrauch bestimmt. Sie wurden in Wasser gelöst und die Auflösung mit Ammoniak gefällt. Das erhaltene Bleioxydhydrat wurde auf zwei Filter gebracht. Nachdem beide Niederschläge ausgewaschen worden waren, wurde

der eine in Natronlauge gebracht und damit gekocht, der andere wurde durch Hitze zersetzt und hierdurch Bleioxyd dargestellt. Bei meiner früheren Untersuchung hatte ich Bleioxydhydrat in Kalilauge gekocht, um die Auflösung zu erhalten, aus welcher nachher die Ozonverbindung ausgeschieden werden sollte. Diesmal hatte ich Natronlauge angewendet, weil diese bekanntlich bei weitem leichter rein erhalten werden kann. Ein Fehler stand daher von dieser Seite nicht zu gewärtigen. Ich schritt nun zuvörderst zur Analyse des Bleioxyds.

Um mich zu vergewissern, dafs das Bleioxyd, welches der Analyse unterzogen werden sollte, nicht etwa etwas Kohlensäure enthielte, wurde so viel, als zu einer Analyse angewendet werden sollte, in ein Glasröhrchen gethan, dieses zugestöpselt und der Stöpsel mit einer gebogenen Glasröhre versehen. Das Ende der Glasröhre wurde nun unter Barytwasser gebracht und das Röhrchen erhitzt. Die Luft strömte durch das Barytwasser hindurch, ohne im Geringsten eine Trübung hervorzubringen. Das Bleioxyd war also frei von Kohlensäure zu betrachten. Da es mir darum zu thun war, ganz genaue Zahlenverhältnisse zu erhalten, so konnte mir die bloſse Entfernung der hygroskopischen Feuchtigkeit durch Erhitzen nicht genügen. Es mufste mir darum zu thun seyn, diese genau quantitativ zu bestimmen. Zu diesem Endzweck bediente ich mich folgender Vorrichtung. Eine Glasflasche war ungefähr bis zum Viertel mit Stücken von geschmolzenem kohlensauren Kali gefüllt. Die Oeffnung derselben war mit einem Stöpsel verschlossen, durch welchen eine Glasröhre ging, die aufsen mit einem messingenen Hahn versehen war. Aufser dieser Röhre ging noch eine zweite durch den Stöpsel bis zum Boden der Flasche. Sie war aufser dem Stöpsel rechtwinklig gebogen und mit einer kleinen Handluftpumpe in Verbindung gesetzt. An die Pumpe konnte eine Blase angeschraubt werden und durch das Pumpen und das abwechselnde Oeffnen und Schliefsen der Hähne konnte die Blase mit aus der Flasche ausgetrockneten Luft gefüllt werden. Nachdem

nun die Blase mit trockner Luft gefüllt war, wurde sie an eine 2 Fufs lange Chlorcalciumröhre angeschraubt. Am Ende dieser Röhre war ein Hahn mit einer dünnen Glasröhre angebracht, an welche die Röhre befestigt werden konnte, welche die Substanz enthielt, deren hygroskopische Feuchtigkeit bestimmt werden sollte. An der anderen Seite dieser Glasröhre wurde eine Vorrichtung befestigt, in welcher mittelst eines Glasröhrchens Luft durch syrupsdicke Phosphorsäure hindurchgetrieben werden konnte. Man bedient sich gewöhnlich zur Aufnahme von Feuchtigkeitsmengen Chlorcalciumröhren. Ich ziehe eine Röhre mit syrupsdicker Phosphorsäure aus folgenden Gründen vor. Ist die Chlorcalciumröhre klein, so ist man nicht sicher, dafs alle durchgeführte Feuchtigkeit aufgenommen worden ist; ist sie hingegen grofs, so kann man kleine Differenzen nicht mehr wägen. Der Apparat zur Aufnahme der Feuchtigkeit mittelst Phosphorsäure besteht in einer 3″ langen gläsernen Röhre von 7‴ Durchmesser, welche ungefähr zur Hälfte mit syrupsdicker Phosphorsäure angefüllt ist. Sie ist zugestöpselt und durch den Stöpsel gehen zwei aufsen umgebogene Glasröhren, die eine bis beinahe zum Boden der Röhre, die andere aber nur bis zur unteren Seite des Stöpsels. Der Stöpsel ist aufsen mit feinem Siegellack überzogen und die Oeffnungen der beiden Glasröhren können mit Stöpselchen von Kautschuck verschlossen werden. Mittelst einer Schlinge von Platindraht wird die Vorrichtung an einen Waagbalken aufgehängt. Mit dieser Vorrichtung wurde nun folgendermafsen verfahren. Eine gewisse Menge Bleioxyd wurde in einer 6″ langen und $\frac{1}{2}$″ weiten Glasröhre abgewogen und hierauf mit Stöpseln und Blase zwischen der Chlorcalciumröhre und der Vorrichtung mit Phosphorsäure befestigt. Nun wurde die Blase mit ausgetrockneter Luft gefüllt und an die Chlorcalciumröhre angeschraubt. Hierauf wurde das Bleioxyd mittelst einer untergestellten Lampe erhitzt. Es bildete sich an den beiden Enden der Glasröhre ein Wasserbeschlag. Nach hinlänglicher Erhitzung wurde dann die Lampe entfernt, die

Hähne geöffnet und die trockene Luft aus der Blase durch die Chlorcalciumröhre hindurchgedrückt. Der Wasserbeschlag verschwand und die Luft, welche ihn aufgenommen hatte, setzte ihn beim Durchströmen durch die Phosphorsäure an diese ab. Nachdem nun der Feuchtigkeitsmesser vorher abgewogen worden war, konnte durch nachheriges Abwägen die Menge der aufgenommenen Feuchtigkeit bestimmt werden. Auf diese Weise ist nun bei nachstehenden Versuchen verfahren worden.

1. Analyse des Bleioxyds.

a) Angewandte Menge des Bleioxyds.	Erhaltenes Blei nach Reduction mit Wasserstoffgas.	Feuchtigkeitsmenge.
1,0601 Gr.	0,9796	0,0060,

dieſs giebt berechnet auf 100 nach Abzug des Wassergehaltes

92,93 Blei und 7,07 Sauerstoff.

b) Menge d. Bleioxyds.	Blei nach der Reduction.	Wassergehalt.
0,9916 Gr.	0,9166	0,0050,

nach Abzug des Wassergehalts auf 100 berechnet

92,90 Blei und 7,10 Sauerstoff.

Dieſs giebt im Mittel 92,91 Blei und 7,09 Sauerstoff. Die atomistische Zusammensetzung, berechnet nach dem Atomgewicht des Bleies von 103,74, giebt 92,84 Blei und 7,16 Sauerstoff. Sollte meine Analyse des Bleioxyds richtiger seyn als die bisherigen, so würde das Atomgewicht des Bleis zu 104,83 anzunehmen seyn.

Nachdem ich so eine feste Basis für die Zusammensetzung des Bleioxyds gewonnen hatte, wendete ich mich zur Darstellung der Ozonverbindung. Ich hatte bei meiner früheren Untersuchung ozonisirte Luft dadurch erhalten, daſs ich feuchte atmosphärische Luft über Phosphorstücke hinweggeführt und diese Luft in eine Auflösung von Bleioxyd in Kalilauge geleitet hatte.

Aus bereits angegebenem Grunde wendete ich dieſsmal eine Auflösung von Bleioxyd in Natronlauge an. Um den möglichen Einfluſs der phosphorigen Säure zu vermeiden,

welche bei Anwendung von atmosphärischer Luft auf Phosphor neben dem Ozon sich zugleich bildet; stellte ich diefsmal den Ozon-Sauerstoff auf hydroelektrischem Wege dar. Ein Gläschen wurde bis beinahe an seiner Oeffnung mit einer Mischung von 1 Theil destillirter Schwefelsäure und 6 Th. destillirtem Wasser gefüllt. In dieser Flüssigkeit hingen zwei Platinstreifen, welche durch den Stöpsel des Gläschens gesteckt waren und über derselben in kleine Glasröhrchen endeten, in welche Quecksilber gegossen wurde. Hierdurch konnten die beiden Platinstreifen mit einer kleinen Grove'schen Säule verbunden werden. In den Stöpsel war das eine Ende einer zweimal gebogenen Glasröhre eingelassen; das andere Ende ging in ein Glas mit Wasser ebenfalls durch einen Stöpsel, von welchem aus eine zweite Glasröhre in eine kleine Woulfsche Flasche, angefüllt mit der Auflösung des Bleioxyds in Natronlauge ging. In der zweiten Oeffnung der Woulf'schen Flasche befand sich ebenfalls eine gebogene Glasröhre, deren freies Ende unter Wasser mündete. Somit war die Auflösung völlig gesperrt gegen die Einwirkung der atmosphärischen Luft. Das durch die Elektrolyse ausgeschiedene Wasserstoffgas und Ozon-Sauerstoffgas mufste nun durch die Auflösung des Bleioxyds in Natronlauge hindurch und konnte seine Einwirkung auf das Bleioxyd ausüben. Es dauerte nicht lange, so fing das Ende der Glasröhre an, sich mit einem gelben Rand zu umziehen, die Flüssigkeit trübte sich und es setzte sich nach einigen Stunden ein gelber Niederschlag von Ozon-Bleioxyd, so will ich den Körper nennen, ab. Dieser Niederschlag wurde hierauf auf ein Filter in einem Porcellantrichter mit ebenem Rand gebracht und nachdem dieser mit einer Glasscheibe bedeckt war, filtrirt. Nachdem durch mehrmalige Wiederholung dieses Versuches eine gehörige Menge erhalten worden war, ward der Niederschlag mit zweimal destillirtem Wasser ausgewaschen und getrocknet. Die Analyse wurde jetzt gerade so vorgenommen, wie die mit dem Bleioxyd. Das Ergebnifs war:

2. Analyse des Ozon-Bleioxyds.

	Angew. Menge des Ozon-Bleioxyds.	Blei, nach der Reduction mit Wasserstoffgas.	Menge des Wassergehalts.
a)	0,2359 Grm.	0,2046	0,0030.

Dieſs giebt, berechnet nach Abzug des Wassers, auf 100 89,38 Blei und 10,62 Ozon-Sauerstoff.

	Angew. Menge des Ozon-Bleioxyds.	Blei, nach der Reduction mit Wasserstoffgas.	Menge des Wassergehalts.
b)	0,2568 Grm.	0,2231	0,0080.

Dieſs giebt, nach Abzug des Wassers, für 100 89,67 Blei und 10,33 Ozon-Sauerstoff.

Demnach im Mittel 89,52 Blei und 10,48 Ozon-Sauerstoff. — Die Verschiedenheit des Bleioxyds und des Ozon-Bleioxyds ist nach diesen Analysen aufser allen Zweifel gesetzt.

Ich will an diese Zahlenergebnisse einige allgemeine Betrachtungen anreihen. Aus der in dem letzten Aufsatz mitgetheilten Analyse hatte sich ergeben, dafs das Ozon-Silberoxyd aus 93,28 Silber und 2,72 Ozon-Sauerstoff bestand. Die grofse darin erhaltene Menge von Silber läfst annehmen, dafs darin 2 Atome Silber mit 1 Atom Ozon-Sauerstoff verbunden sey. Unter dieser Voraussetzung erhalten wir das Atomgewicht des Ozon-Sauerstoffs

$$\frac{2{,}72 \quad 2 \,.\, 108{,}15}{97{,}28} = 6{,}04.$$

Suchen wir jetzt das Atomgewicht desselben Körpers nach dem Ozon-Bleioxyd auf, so ergiebt sich

$$\frac{10{,}48 \,.\, 103{,}74}{89{,}52} = 12{,}14$$

oder 6,07, wenn wir annehmen, dafs diese Verbindung 2 Atome Ozon-Sauerstoff enthalte. Dieſs ist eine Uebereinstimmung in den Zahlen, wie man sie vorläufig nicht besser erwarten kann.

Bekanntlich lassen sich drei Möglichkeiten über die Natur des Ozons aufstellen. Entweder ist es eine allotropische Modification des Sauerstoffs, oder es ist ein einfacher Körper, wie Chlor, Brom u. s. w. oder es ist ein

zusammengesetzter Körper, vielleicht ein noch nicht gekanntes Oxyd des Wasserstoffs. Ueber die erste Möglichkeit, dafs es eine allotropische Modification des Sauerstoffs sey, ist, glaube ich, nach vorliegenden Versuchen entschieden. Ein Körper, der ein anderes Atomgewicht als der Sauerstoff hat, kann keine Modification desselben seyn. Die Frage, wo hört die Modification eines Körpers auf und wo tritt die Besonderheit desselben ein, wäre wohl eine sehr zeitgemäfs zu erörternde. So viel scheint jedoch als Grundsatz angenommen werden zu können, dafs das Atomgewicht und das damit zusammenhängende Eigengewicht die Besonderheit eines Körpers begründen. Es blieben also jetzt nur noch die zwei anderen Möglichkeiten für die Natur des Ozons. Man könnte vielleicht sagen, ein Oxyd des Wasserstoffs kann es nicht seyn, weil dann das Atomgewicht höher als 8 seyn müfste. Dagegen liefse sich jedoch bemerken, dafs möglicherweise das Atomgewicht des Sauerstoffs um die Hälfte zu hoch angenommen werde und 4 statt 8 sey. In diesem Fall könnte der Ozon-Sauerstoff $O+2H$ seyn, was genau das Atomgewicht 6 geben würde.

Würzburg, den 10. Februar 1850.

(Fortsetzung folgt.)

VI. *Ueber den Ozon-Sauerstoff; von G. Osann.*

Ich glaube, dafs diese Benennung besser ist, als Ozon, weil hiermit sogleich gesagt ist, dafs es sich um einen Körper handelt, welcher in seinen Eigenschaften dem Sauerstoff zunächst zu stellen ist. Es bliebe hierbei die Frage bei Seite gestellt, ob das Ozon als ein einfacher Körper oder als eine Modification des Sauerstoffs aufzufassen sey. Unter den drei verschiedenen Ansichten, welche über die

Natur dieses Stoffes aufgestellt werden können, scheint mir die von Schönbein herrührende, dafs er eine noch nicht gekannte Oxydationsstufe des Wasserstoffs sey, die am wenigsten wahrscheinliche. Das Charakteristische des Ozon-Sauerstoffs ist, dafs er energischer auftritt als der Sauerstoff, mit einem Worte, dafs er sich etwa so verhält, wie der Sauerstoff *in statu nascenti*. Aber alle gasförmigen Verbindungen des Sauerstoffs, des Chlors, des Broms und des Jods mit Wasserstoff verhalten sich weniger energisch gegen einfache Stoffe, als ihre Radicale in unverbundenem Zustande. Hierzu kommt noch das merkwürdige Verhalten des Ozon-Sauerstoffs gegen metallisches Silber, welches nach Versuchen von Schönbein schon bei gewöhnlicher Temperatur davon angegriffen und in einen schwarzen Körper verwandelt wird. Bedenkt man, dafs feines metallisches Silber in Wasserstoffsuperoxyd gebracht, dieses zersetzt ohne selbst sich chemisch damit zu verbinden, so fällt der Unterschied zwischen Sauerstoff und Ozon-Sauerstoff recht in die Augen. Bei weitem mehr für sich hat die Ansicht, dafs das Ozon eine Modification des Sauerstoffs sey. Man könnte z. B. sagen, der Sauerstoff im gasförmigen Zustande und *in statu nascenti* seyen zwei Modificationen desselben. Es wäre daher die Frage zu beantworten, ob wirklich der Ozon-Sauerstoff dem Sauerstoff im letzteren Zustande entspreche. Ich habe diese Frage durch einen Versuch zu beantworten gesucht. Es ist hinlänglich bekannt, wie leicht Ameisensäure in Kohlensäure verwandelt werden kann, und dafs, wo diese Säure oder ihre Salze mit Sauerstoff *in statu nascenti* zusammen kommen, diese Umwandlung geschieht. Ich leitete daher Ozon-Sauerstoffgas durch Ameisensäure und später durch eine wäfsrige Auflösung von ameisensaurem Kalk. Es fand jedoch keine Veränderung der Säure statt. Es geht hieraus hervor, dafs der Ozon-Sauerstoff nicht die Qualität des nascirenden Sauerstoffs hat, weil sich sonst hätte Kohlensäure bilden müssen. Es scheint mir überhaupt

an der Zeit zu seyn, zu versuchen, einen bestimmten Begriff für den Ausdruck Modification festzusetzen. Einleuchtend ist es, dafs dieser Ausdruck vollkommen gerechtfertigt ist, wo es sich blofs um physische Eigenschaften eines Körpers handelt. Wo aber zugleich chemische Eigenschaften mit im Spiele sind, wo ist dann die Gränze zu ziehen zwischen Modification und wirklicher Verschiedenheit? — Darüber kann jedoch kein Zweifel seyn, dafs je mehr man chemisch charakterisirende Eigenschaften des Ozon-Sauerstoffs auffindet, desto mehr die Wahrscheinlichkeit hervortritt, dafs er ein besonderer Körper sey. — Ich habe mit Schönbein gemeinschaftlich die Thatsache ermittelt, dafs der Ozon-Sauerstoff eine weingeistige Guajaklösung bläut (m. s. m. früheren Aufsätze über Ozon in d. Ann.) Nach Schönbein sollen sich die letzten Atome Sauerstoff in den Hyperoxyden in mancher Beziehung, wie Ozon-Sauerstoff verhalten. Eine Folge hiervon soll seyn, dafs sie mit weingeistiger Guajaklösung geschüttelt, diese bläuen. Schönbein giebt jedoch nicht an, auf welche Weise er diese Hyperoxyde dargestellt hat, und da ich früher gefunden hatte, dafs das mit Salpetersäure dargestellte Bleihyperoxyd, selbst nach dem anhaltendsten Auswaschen mit warmen Wasser, immer auch etwas Salpetersäure enthält, so war es mir zuvörderst darum zu thun, Hyperoxyde rein darzustellen und dann Versuche mit ihnen mit Guajaklösung anzustellen.

1. Es wurde Bleihyperoxyd bereitet einmal durch Kochen von Mennige mit Essigsäure und zweitens hydroelektrisch durch Zersetzung einer Auflösung von essigsaurem Bleioxyd durch den Strom. Nachdem beide gehörig ausgewaschen worden waren, wurden sie getrocknet und alsdann mit Wasserstoffgas in der Hitze reducirt. Die hierbei entstandene Feuchtigkeit reagirte nicht sauer. Wäre noch ein Rückstand von Säure oder von einem elektronegativen Körper vorhanden gewesen, so hätte das neu gebildete Wasser sauer reagiren müssen. Wurde nun eine ge-

wisse Menge von dem einen wie von dem anderen Hyperoxyd mit Guajaklösung geschüttelt, so erschien die Flüssigkeit sogleich schön blau.

2. Bekanntlich hält das Silberhyperoxyd, welches man aus einer salpetersauren Silberoxydlösung durch den Strom erhält, Salpetersäure. Ich fand mich hierdurch veranlafst, dieses Hyperoxyd durch Zersetzung einer essigsauren Silberoxydlösung hydroelektrisch darzustellen. Nachdem es gehörig ausgewaschen und getrocknet worden war, wurde eine Probe davon mit Wasserstoffgas in der Hitze reducirt, das erhaltene Wasser reagirt nicht sauer. Diefs Silberoxyd, mit Guajaklösung geschüttelt, färbte es sogleich blau.

3. Einige schöne Stücken Braunstein wurden pulverisirt und mit kochendem Wasser ausgewaschen. Eine Probe hiervon genommen und mit Wasserstoffgas in der Hitze behandelt gab Wasser, welches nicht sauer reagirte. Wurde jetzt von diesem Hyperoxyd in ein Gläschen gethan und mit Guajaklösung geschüttelt, so färbte diese sich sogleich blau.

Nachdem diefs ermittelt worden war, richtete ich meine Aufmerksamkeit auf den gelben Körper, welcher erhalten wird, wenn Ozon-Sauerstoffgas durch eine Auflösung von Bleioxyd in Natronlauge (ich wende diese lieber an als Kalilauge, weil sie leichter rein erhalten werden kann) geleitet wird. Das Ozon-Sauerstoffgas war auf hydroelektrischem Wege durch Zersetzung einer Mischung von 1 Th. reiner Schwefelsäure und 6 Th. Wasser erhalten worden. Nachdem eine gewisse Menge dieses Körpers entstanden war, wurde sie abfiltrirt. Das Filter mit dem Niederschlag wurde ausgewaschen und getrocknet. Rührte nun die Reaction der Hyperoxyde davon her, dafs sie Ozon-Sauerstoff enthielten, so mufste dieser gelbe Körper, welchen ich für Ozon-Bleioxyd ansehe, ebenfalls Guajaklösung bläuen. Dieser Erwartung entsprach vollkommen der Versuch. Wurde ein Tropfen weingeistiger Guajaklösung darauf gebracht, so entstand bald eine blaue Färbung. Wurde dagegen gewöhnliches Bleioxyd, durch Erhitzen von kohlensaurem

Bleioxyd erhalten, auf Papier zerrieben und nachher mit Guajaklösung betropft, so fand keine Bläuung statt. Mennige auf Papier zerrieben und mit Guajaklösung betropft, nahm eine ganz schwache bläuliche Färbung an.

Nachdem ich nun in meinem letzten Aufsatz über diesen Gegenstand, in welchem ich das Atomgewicht des Ozon-Sauerstoffs zu bestimmen suchte, dargethan habe, dafs die Zusammensetzung des Ozon-Bleioxyds eine andere ist, als die des gewöhnlichen Bleioxyds, also eine quantitative Verschiedenheit nachgewiesen ist, wäre durch die Reaction der Guajaklösung auch noch ein quantitativer Unterschied dargethan. Der Gedanke, dafs das zweite Atom Sauerstoff in den Hyperoxyden Ozon-Sauerstoff sey, führte mich noch zur Anstellung folgender Versuche.

In meinem letzten Aufsatz hatte ich das Atomgewicht des Ozon-Sauerstoffs, berechnet aus der Silberverbindung zu 6,04 und aus der Bleiverbindung zu 6,07 gefunden. Wenn nun das zweite Atom Sauerstoff in den Hyperoxyden Ozon-Sauerstoff ist, so müssen wir, wenn wir das Atomgewicht desselben suchen, ebenfalls 6 oder eine dieser nahe Zahl erhalten. Zu diesen Versuchen wurde Bleihyperoxyd durch Einwirkung von Essigsäure auf Mennige erhalten, angewendet. Die hygroskopische Flüssigkeit wurde wieder auf die früher angegebene Weise quantitativ bestimmt.

	Hygroskop. Feuchtigkeit.	Bleihyperoxyd ohne Feuchtigkeit.
1) Bleihyperoxyd.		
1,2390 Gr.	0,0099	1,2291

Es wurde hierauf das Bleihyperoxyd in derselben Glasröhre, in welcher es sich zur Bestimmung der Feuchtigkeit befand, erwärmt, bis es gelb geworden war, d. h. bis es sich durch Abgabe von Sauerstoffgas in Bleioxyd verwandelt hatte. Es wurde hierauf mit der Glasröhre gewogen und nachdem es abgewogen worden war, wurde nochmals die hygroskopische Feuchtigkeit, welche es beim Ab-

wiegen wieder angenommen hatte, quantitativ bestimmt. Dieſs gab folgende Zahlenwerthe:

2) Bleioxyd.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Bleioxyd ohne Feuchtigk.
1,1708	0,0052	1,1656

Ziehen wir 1,1656 Bleioxyd von 1,2291 Bleihyperoxyd ab, so bleiben 0,0635 übrig. Es muſs sich nun verhalten 1,1656 Bleioxyd zu 0,0635 (Ozon-Sauerstoff) wie das Atomgewicht des Bleioxyds 111,74 (103,74 Bl. + 8 Sr.) zu 6, dem Atomgewicht des Ozon-Sauerstoff. Wir erhalten:

$$\frac{0{,}0635 \cdot 111{,}74}{1{,}1656} = 6{,}06.$$

3) Bleihyperoxyd.	Hygroskop. Feuchtigkeit.	Bleihyperoxyd ohne F.
1,1100	0,0096	1,1004.

4) Bleioxyd.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Bleioxyd ohne Feuchtigk.
1,0495	0,0028	1,0463.

Dieſs giebt:

$$\frac{0{,}0537 \cdot 111{,}74}{1{,}0467} = 5{,}63.$$

5) Bleihyperoxyd.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Bleihyperoxyd ohne F.
0,8160	0,0054	0,8106.

6) Bleioxyd.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Bleioxyd ohne F.
0,7696	0,0020	0,7676.

Dieſs giebt:

$$\frac{0{,}0430 \cdot 111{,}74}{0{,}7626} = 6{,}26.$$

7) Bleihyperoxyd.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Bleihyperoxyd ohne F.
0,7535	0,0119	0,7416.

8) Bleioxyd.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Bleioxyd ohne F.
0,7033	0,0022	0,7011.

Dieſs giebt:

$$\frac{0{,}0405 \cdot 111{,}74}{0{,}7033} = 6{,}43.$$

Nehmen wir das Mittel aus diesen vier Versuchen, so erhalten wir die Zahl 6,10. Die früheren Bestimmungen, bei welchen das Atomgewicht aus der Silber- und Bleiverbindung bestimmt wurde (m. s. m. letzte Abhandlung hierüber), gaben das Atomgewicht zu 6,04 und zu 6,07.

Dafs diese letzteren Bestimmungen nicht so übereinstimmende Zahlenwerthe gaben, hat offenbar darin seinen Grund, dafs Scheidungen durch Wärme vorgenommen nicht so scharf sind, wie solche, bei welchen ein Körper durch einen andern chemisch abgeschieden wird. — Immerhin beweisen sie aber unzweifelhaft, dafs das zweite Atom Sauerstoff in dem Bleihyperoxyd und wohl auch in den übrigen Hyperoxyden Ozon-Sauerstoff so ist.

Ich habe auch versucht, das Eigengewicht des Sauerstoffgases zu bestimmen, welches man durch Erwärmen aus Bleihyperoxyd erhält. Es wurde das Gas in einer graduirten Röhre über Quecksilber aufgefangen. Das Ergebnifs war, dafs 1 Cubikcentimeter dieses Gases bei 0° C. 0,76 Mm. 0,0013 Gr. wiegt. Die gewöhnliche Bestimmung giebt das Gewicht von 1 Cubikcentimer zu 0,0012 Gr. an. Ich habe zwar nur einen Versuch angestellt, glaube aber nach diesem annehmen zu müssen, dafs eine Verschiedenheit in den Eigengewichten nicht stattfindet. Es kann diefs auch wohl nicht seyn, da durch Erwärmen der Ozon-Sauerstoff wieder in gewöhnlichen verwandelt wird.

Die Richtigkeit dieser Ergebnisse wird noch durch Folgendes bestätigt:

Nach meiner Analyse des Bleioxyds (s. m. letzte Abhandlung) ist dasselbe zusammengesetzt.

1) Bleioxyd.	Reducirtes Blei.	Hygrosk. Feuchtigkeit des Oxyds.
1,0601	0,9796	0,0060.

Suchen wir hieraus das Atomgewicht des Sauerstoffs, so erhalten wir:

$$\frac{0{,}0745 \,.\, 111{,}74}{1{,}0541} = 7{,}88.$$

Nach der zweiten Analyse besteht dasselbe aus:

1) Bleioxyd.	Reducirtes Blei.	Hygrosk. Feuchtigkeit.
0,9916	0,9166	0,0050.

Diefs giebt

$$\frac{0{,}0700 \,.\, 111{,}74}{0{,}9866} = 7{,}92.$$

Das Mittel aus beiden giebt 7,90.

Wir erhalten demnach für den Sauerstoff in dem Oxyd das Atomgewicht 7,90 (entsprechend 8, dem Atomgewicht des Sauerstoffs) und für die Sauerstoffmenge, welche sich im Hyperoxyd befindet, die Zahl 6,10 (entsprechend 6,05, dem Atomgew. des Ozon-Sauerstoffs.)

Nach allem Diesem und mit Berücksichtigung der Thatsache, dafs Sauerstoffgas durch Elektricität in Ozon-Sauerstoffgas verwandelt werden kann, glaube ich annehmen zu können, dafs es zwei Modificationen des Sauerstoffs gebe, nämlich eine *thermische* und eine *elektrische*. Erstere wäre unser gewöhnlicher Sauerstoff, letztere der Ozon-Sauerstoff. Der Unterschied in den Atomgewichten würde eben so wenig etwas Auffallendes haben, als dafs die Modificationen des Schwefels verschiedenes Eigengewicht haben. Durch Erwärmen kann die elektrische Modification in die thermische verwandelt werden. Defswegen ist das aus den Hyperoxyden durch Erwärmen entwickelte Sauerstoffgas kein Ozon-Sauerstoff. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs die starke elektronegative Natur der Hyperoxyde durch die elektrische Modification des Sauerstoffs, d. h. durch den Ozon-Sauerstoff, begründet werde.

Würzburg den 30. December 1850.

VII.

VII. *Ueber den Einfluſs des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von Heinrich Rose.*

Das wichtigste Gesetz in der Chemie ist unstreitig das der bestimmten einfachen Verhältnisse, in welchen sich die Körper mit einander verbinden. Es wurde im Anfange dieses Jahrhunderts, eigentlich wohl erst im Anfange des zweiten Decenniums desselben, aufgestellt, und durch die Versuche der vorzüglichsten Chemiker jener Zeit, besonders durch die von Berzelius so vielfältig bewiesen, daſs jetzt wohl Niemand an der Richtigkeit desselben zweifeln wird.

Durch den Fleiſs der Chemiker haben wir aber nach jener Zeit viele Thatsachen kennen gelernt, welche uns wohl bewegen können, jenes Gesetz nicht mehr so beschränkt wie bisher anzunehmen. Wir haben gefunden, daſs die Körper sich nicht bloſs in sehr einfachen Verhältnissen verbinden können; denn eine beträchtliche Zahl von Verbindungen, welche namentlich in den letzten Zeiten, sowohl unter den unorganischen, als auch besonders unter den organischen Substanzen entdeckt worden sind, ist von sehr complicirter Zusammensetzung. Diese bilden sich im Allgemeinen vorzüglich nur durch schwache Verwandtschaften, sind von nicht groſser Beständigkeit, zersetzen sich leicht durch unbedeutende Einflüsse und können oft nur mühsam dargestellt werden.

Wir müssen daher jenes Gesetz erweitern, und können es vielleicht so ausdrücken: die Körper verbinden sich *vorzugsweise* in einfachen Verhältnissen, aber neben diesen auch in complicirten Verhältnissen. Und in der That, die Verbindungen, nach sehr einfachen Verhältnissen zusammengesetzt, werden gewöhnlich zuerst dargestellt, und können oft selbst bei einer oberflächlichen Untersuchung nicht übersehen werden. Die Bestandtheile in ihnen sind gewöhnlich durch eine starke Verwandtschaft mit einander vereinigt; sie sind daher von groſser Beständigkeit und schwererer Zersetzbarkeit.

Als das Gesetz der bestimmten einfachen Proportionen aufgestellt wurde, hatte mehrere Jahre zuvor einer der scharfsinnigsten Chemiker seiner Zeit, Berthollet, eine Lehre entwickelt, die ganz mit demselben im Widerspruch zu seyn schien. Berthollet hatte zu beweisen gesucht, dafs die Körper, welche zu einander Verwandtschaft zeigen, sich innerhalb eines gewissen Maximums und Minimums in allen Verhältnissen verbinden könnten, und dafs, wenn diefs in bestimmten Verhältnissen geschähe, es von andern Umständen abhänge, namentlich von der Krystallisationsfähigkeit der salzartigen Substanzen, oder von der Cohäsion überhaupt, wodurch eine Verbindung, die Neigung hat in einen dichteren Aggregatzustand überzugehen, sich aus einer Auflösung entweder als Niederschlag, oder als deutliche Krystalle absondert, so wie auch von der Expansion, durch welche sie in den gasförmigen Zustand übergeht, und durch ihr Entweichen der Einwirkung flüssiger oder fester Körper sich entzieht.

Berthollet's Lehre, mit wahrhaft philosophischem Scharfsinn entwickelt, wurde zuerst mit grofsem und gerechten Beifall aufgenommen. Aber weil wenige Jahre nach ihrer Aufstellung alle Chemiker, durch die bewunderungswürdigen Arbeiten von Davy, Berzelius, Gay-Lussac und Thenard angeregt, sich fast nur mit der Ausarbeitung der Lehre von den einfachen chemischen Proportionen beschäftigten, so wurde sie, als scheinbar mit derselben nicht übereinstimmend, später wenig oder gar nicht beachtet und vergessen und ist jetzt der jüngsten Generation der Chemiker fast unbekannt.

Aber die Berthollet'schen Gesetze sind nichts desto weniger in den meisten Stücken unwiderlegt, namentlich ist gewifs das Hauptgesetz, worauf sich alle übrigen beziehen, vollkommen richtig, das nämlich der sogenannten *chemischen Masse*, welches so lautet: Was einem Körper an Verwandtschaftkraft abgeht, kann ihm durch Vergröfserung der Menge ersetzt werden, und umgekehrt.

Aus diesem Gesetze würde freilich folgen, dafs jede

Verbindung zweier Substanzen durch jede dritte Substanz, welche zu einer jener beiden eine selbst auch nur geringe Verwandtschaft hat, beinahe vollständig getrennt werden könnte. Hiergegen scheint nun freilich oft die Erfahrung zu sprechen, wenigstens scheinen die Verbindungen solcher Substanzen, die durch die stärksten Grade der Verwandtschaft vereinigt sind, den Einflüssen der schwach wirkenden Stoffe oft ganz vollständig zu widerstehen.

Untersuchen wir aber diese Fälle genauer, so werden wir oft finden, dafs selbst solche Agentien, welche die schwächsten Verwandtschaften gegen andere Körper äufsern, Wasser und Kohlensäure, durch grofse Mengen und während eines sehr langen Zeitraums Verbindungen nach und nach zersetzen können, in welchen die Bestandtheile mit der gröfsten Verwandtschaft verbunden sind.

Werfen wir z. B. einen Blick in die Natur, so sehen wir, dafs selbst Verbindungen, wie Feldspath, welche doch starken Reagentien widerstehen, durch jene scheinbar indifferenten Stoffe, freilich in langen Zeiträumen, zerlegt werden können. Es ist schwer, und in den meisten Fällen unmöglich, diese Processe, welche in der Natur in einem sehr grofsen Maafsstabe stattfinden, in den Laboratorien nachzuahmen, weil wir sie nicht so zu beschleunigen im Stande sind, dafs wir ein Resultat abwarten können. Aber dafs namentlich das Wasser durch seine chemische Masse bei Verbindungen, deren Bestandtheile mit starker Verwandtschaft verbunden seyn können, zersetzend einwirken kann, können wir bei mannigfaltigen Processen erkennen. Sehr viele solcher Zersetzungen kennen wir seit langer Zeit; dafs aber das Wasser die Ursache derselben sey, ist entweder nicht bekannt, oder wird oft geläugnet.

Es sey mir erlaubt einige von diesen Processen näher zu erörtern.

Wenn wir z. B. neutrales schwefelsaures Kali oder Natron in Wasser auflösen, so bleibt dasselbe in der Auflösung unzersetzt, wie grofs auch die Menge des Wassers seyn mag, die man zur Auflösung hinzufügt, obgleich das

Wasser sowohl gegen die Schwefelsäure als auch gegen das Alkali eine nicht unbedeutende Verwandtschaft äufsert. Es können sich aber in diesem Falle die Verwandtschaften, die das Wasser, als Base betrachtet, zur Schwefelsäure, und die es als Säure zum Alkali äufsert, so das Gleichgewicht halten, dafs dadurch die zersetzende Wirkung des Wassers ganz gehemmt wird. Es ist aber auch möglich, dafs wenn die chemische Masse des Wassers ganz aufserordentlich vermehrt würde, eine äufserst verdünnte Auflösung des schwefelsauren Alkalis vielleicht sich etwas anders verhalten würde, als eine concentrirte. Denn wenn die Verwandtschaften des Wassers zur Schwefelsäure und zum Alkali sich beinahe, aber nicht ganz vollkommen das Gleichgewicht halten sollten, so könnte dieſs bei einer concentrirten Auflösung weit weniger nachgewiesen werden, als bei einer sehr verdünnten, in welcher die grofse Masse des Wassers den einen oder den andern Bestandtheil des Salzes vorzugsweise aufnehmen, und durch seine Verbindung mit ihm die Ausscheidung des anderen Bestandtheils bestimmen könnte.

Man kann ein solches Verhalten des Wassers daher besser beobachten, wenn man nicht die neutralen, sondern die sauren Verbindungen des schwefelsauren Kalis sowohl als auch die des schwefelsauren Natrons hinsichtlich ihres Verhaltens gegen Wasser genauer untersucht.

In diesen ist ein Theil der Schwefelsäure durch geringere Verwandtschaft mit dem Alkali verbunden, als der andere. Das Wasser kann daher, wenn es in hinreichender Menge angewandt wird, mehr oder weniger Säure dem Salze entziehen, und es endlich in die neutrale Verbindung verwandeln. Es ist interessant, um die Wirkungen des Wassers in dieser Hinsicht kennen zu lernen, dieſs näher zu verfolgen.

Zur Untersuchung wurde ein zweifach-schwefelsaures Kali angewandt, das bei der Zersetzung eines Atoms von salpetersaurem Kali durch zwei Atome Schwefelsäure er-

halten worden war. Der erhaltene geschmolzene Kuchen des Salzes war ganz frei von Salpetersäure.

Es war der Luft lange ausgesetzt gewesen, und dadurch zwar feucht geworden, aber nicht zerflossen. Nachdem ein Theil desselben nach dem Zerreiben zwischen Fliefspapier getrocknet worden war, so dafs es dasselbe nicht im Mindesten mehr befeuchtete, ergab die Analyse desselben im Hundert folgendes Resultat: [1])

		Sauerstoff:
Kali	33,17	5,63
Schwefelsäure	57,35	34,33
Wasser	9,48	8,43
	100,00.	

Das untersuchte Salz enthielt daher gegen 2 At. Kali, 4 At. Schwefelsäure und 3 At. Wasser, also eine kleine Menge Wasser mehr, als man in dem bei gelinder Hitze und beim Ausschlufs der Luft geschmolzenen saurem schwefelsauren Kali annimmt. Die Zusammensetzung des untersuchten Salzes kann durch die Formel $2(\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S})+\dot{H}$ ausgedrückt werden. Ich lasse es unentschieden, ob das Atom des überschüssigen Wassers wesentlich mit dem Salze verbunden war. Versuche, es bei wenig erhöhten Temperaturen zu vertreiben, wurden nicht angestellt.

Das Salz wurde mit einer solchen Menge von Wasser übergossen und damit gekocht, dafs ein Theil desselben noch ungelöst blieb. Die Auflösung wurde kochend filtrirt. Nach dem Erkalten erstarrte die filtrirte Flüssigkeit vollständig zu einer weifsen, scheinbar unkrystallinischen Masse, die dem äufsern Ansehen nach viele Aehnlichkeit mit erkaltetem Talge hatte. Sie liefs sich, wie dieses, mit dem Spatel in Stücke schneiden; enthielt aber eine grofse Menge von eingeschlossener Mutterlauge, die abfloss, wenn man das Salz zwischen Fliefspapier zu pressen anfing. Es wurde nun so lange mit erneutem Fliefspapier gepreſst,

1) Die meisten der beschriebenen Analysen sind von Hrn. Weber angestellt worden.

bis dieses nicht im Mindesten mehr feucht wurde. Dadurch verwandelte es sich in ein grobes Pulver, dessen krystallinische Structur schon durch Besichtigung mit der Lupe zu erkennen war. Die Analyse desselben gab folgende Resultate im Hundert:

		Sauerstoff:
Kali	29,60	5,03
Schwefelsäure	51,95	31,27
Wasser	18,43	16,40
	100,00.	

Durch die Behandlung mit einer so geringen Menge von heifsem Wasser, dafs die ganze Masse des Salzes nicht dadurch aufgelöst wird, wurde dem zweifach-schwefelsauren Kali noch keine Schwefelsäure entzogen; es nahm dadurch nur Wasser auf, und enthielt dann im Ganzen noch einmal so viel davon als das vorher erwähnte Salz. Seine Zusammensetzung kann durch die Formel $(\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S})+2\dot{H}$ ausgedrückt werden.

Dieses Salz wurde vollständig in heifsem Wasser gelöst, und die Auflösung so lange abgedampft, bis sich nach dem Erkalten krystallinische Krusten, aber nur in geringer Menge ausgeschieden hatten. Diese zeigten folgende Zusammensetzung im Hundert:

		Sauerstoff:
Kali	44,20	7,49
Schwefelsäure	50,60	30,29
Wasser	5,20	4,60
	100,00.	

Dem zweifach-schwefelsauren Kali war also durch Behandlung mit so vielem heifsen Wasser, dafs nichts vom Salze ungelöst blieb, ein Theil der Schwefelsäure entzogen worden und zwar zwei Drittel von der Säure, welche im sauren Salze mit Wasser verbunden ist. Die Zusammensetzung der erhaltenen Verbindung kann durch die Formel $3\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}^2\ddot{S}$ ausgedrückt werden.

Die von dem so eben beschriebenen Salze getrennte Mutterlauge gab durch ferneres Abdampfen noch eine grofse

Menge Salz von derselben Zusammensetzung, so dafs dasselbe von einer gewissen Beständigkeit zu seyn scheint.

Wurde dieses Salz aber, nach der Trennung von der Mutterlauge, für sich vollständig in Wasser aufgelöst, und die Auflösung zur Krystallisation abgedampft, so schossen aus derselben Krystalle des neutralen schwefelsauren Kalis an. Sie hatten nicht die gewöhnliche Form, sondern bildeten tafelförmige Krystalle wie der Eisenglanz, eine Krystallform, welche beim schwefelsauren Kali Mitscherlich zuerst beschrieben hat [1]).

Die Krystalle schmeckten und reagirten zwar, mit kaltem Wasser abgewaschen, noch etwas sauer, doch nur, weil sie aus einer etwas sauren Auflösung sich abgeschieden hatten; sie verloren aber diese Eigenschaft durch Pressen zwischen Fliefspapier. Wegen der ungewöhnlichen Form des Salzes wurde dasselbe untersucht; nachdem es bei 100° C. getrocknet worden war, gab die Analyse, bei welcher beide Bestandtheile bestimmt wurden, folgendes Resultat im Hundert.

Kali	53,47
Schwefelsäure	46,11
	99,58.

Es ist dieſs die bekannte Zusammensetzung des neutralen Salzes. Es wird durch diese Analyse die Angabe von Mitscherlich vollkommen bestätigt.

Es ist hierbei zu bemerken, dafs das saure schwefelsaure Kali, welches zu den Versuchen angewandt worden war, eine Spur von Eisenoxyd enthielt, die auch die übrigen daraus dargestellten Salze etwas verunreinigte. Ohne dasselbe wären die Resultate der Analysen noch genauer ausgefallen.

Wir sehen also, dafs durch Einwirkung des Wassers dem zweifach-schwefelsauren Kali nach und nach Schwefelsäure entzogen wird und es endlich in ein neutrales Salz verwandelt werden kann. Das was auf die beschriebene Weise allmälig erfolgt ist, kann mit einem Male erfolgen,

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 468.

wenn man die chemische Masse des Wassers sehr vermehrt, und das zweifach-schwefelsaure Salz sogleich mit einer sehr grofsen Menge Wasser behandelt. In einer sehr verdünnten Auflösung des sauren Salzes kann man daher neutrales Salz neben freier Schwefelsäure, oder vielmehr neben Verbindungen derselben mit Wasser annehmen. Concentrirt man aber eine solche Auflösung durch Abdampfen, so würde wieder von dem mehr oder weniger sauren Salze entstehen. Es ist daher besser, die überschüssige Schwefelsäure auf die beschriebene Weise nach und nach zu entfernen, wenn man das saure Salz in das neutrale verwandeln will.

Diese Zersetzungen des zweifach-schwefelsauren Kalis vermittelst des Wassers sind schon vor längerer Zeit von mehreren Chemikern beobachtet. Es sind von ihnen zum Theil noch andere Salze erhalten worden. So hat Mitscherlich ein Salz dargestellt, das nach der Formel $4\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S}$ zusammengesetzt ist [1]), und Phillips, Jacquelin und Heumann haben das Salz $2\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S}$, also das anderthalbfach-schwefelsaure Kali erhalten. Offenbar können durch den Einfluſs verschiedener Mengen von Wasser dem zweifach-schwefelsauren Kali verschiedene Mengen von Schwefelsäure entzogen werden, und sich nach der Entziehung eines Theils der Säure sehr verschiedene saure Salze bilden.

Sehr ähnlich, vielleicht aber noch merkwürdiger, ist das Verhalten des Wassers gegen zweifach-schwefelsaures Natron, in welchem das zweite Atom der Schwefelsäure mit geringerer Verwandtschaft gebunden zu seyn scheint, als beim zweifach-schwefelsauren Kali.

Wenn man ein Atom Chlornatrium durch zwei Atome Schwefelsäurehydrat zersetzt, und zur Verhütung des Steigens und Aufblähens zur Schwefelsäure $\frac{1}{8}$ Atom Wasser hinzugefügt hat, so krystallisiren nach Austreibung der Chlorwasserstoffsäure im Rückstand grofse Krystalle von zwei-

1) Monatsberichte der Berl. Acad. d. Wissenschaften 1836, S. 42.

fach-schwefelsaurem Natron. Sie erscheinen als rhombische Prismen, an den Enden mit einem schiefen Prisma mit sehr schieflaufenden Endkanten begränzt. Die Krystalle sind schwer von der anhängenden Feuchtigkeit zu befreien. Die Analyse derselben gab folgendes Resultat:

		Sauerstoff:
Natron	22,12	5,65
Schwefelsäure	57,23	34,26
Wasser	20,65	18,35
	100,00.	

Die Zusammensetzung des Salzes kann durch die Formel $\dot{Na}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S}+2\dot{H}$ ausgedrückt werden, welche auch schon Mitscherlich dafür aufgestellt hat. Das untersuchte Salz enthielt etwas mehr Wasser als die Formel angiebt, doch aber nur aus dem Grunde, weil es nicht vollständig von der anhängenden Feuchtigkeit befreit werden konnte. Nach Wittstein giebt es übrigens ein zweifach-schwefelsaures Natron mit 4 Atomen Wasser.

Wird dieses Salz in Wasser aufgelöst, so erhält man aus der Auflösung ein Salz in schönen grofsen Krystallen, welche ebenfalls rhombische Prismen bilden, die an den Enden mit einer auf den stumpfen Seitenkanten gerade aufgesetzten Endfläche begränzt sind. Sie sind oft über einen Zoll lang. Nach der Analyse sind sie zusammengesetzt aus:

		Sauerstoff:
Natron	33,04	8,45
Schwefelsäure	56,90	34,06
Wasser	10,06	8,94
	100,00.	

Die Zusammensetzung kann durch die Formel $3\dot{Na}\ddot{S}+\dot{H}\ddot{S}+2\dot{H}$ ausgedrückt werden.

Wenn auch zwischen dem zweifach-schwefelsauren und dem neutralen Salze mehrere Zwischenstufen existiren sollten, wie diefs vielleicht der Fall ist, so bildet sich das beschriebene Salz vorzugsweise. Denn ich habe es immer und nur allein bei der Auflösung des zweifach-schwefel-

sauren Natrons erhalten, das bei der Bereitung der Chlorwasserstoffsäure und der Salpetersäure zurückbleibt, wenn diese Säuren durch Zersetzung des Chlornatriums und des salpetersauren Natrons vermittelst Schwefelsäure erzeugt wurden. Es ist dieses Salz auch schon von Mitscherlich und Heumann [1]) dargestellt worden.

Es kann aber bisweilen mit einem andern Wassergehalte anschiefsen, denn bei einer andern Bereitung, bei der es in sehr kleinen, nicht gut zu bestimmenden Krystallen erhalten wurde, hatte es folgende Zusammensetzung.

		Sauerstoff:
Natron	33,32	8,50
Schwefelsäure	58,61	35,08
Wasser	8,07	7,17 [2])
	100,00.	

Wurde dieses Salz, oder das mit dem etwas andern Wassergehalte noch einmal in Wasser gelöst, so krystallisirte aus der Auflösung immer neutrales schwefelsaures Natron, aber mit verschiedenem Wassergehalte, oft mit einer Menge von Krystallwasser, mit welcher es noch nicht dargestellt worden ist. So wurde es namentlich mit 3 Atomen, und mit $2\frac{1}{2}$ Atomen ($2\dot{N}a\ddot{S}+5\dot{H}$) Wasser erhalten. Ich lasse es unausgemacht, ob das schwefelsaure Natron oft mit diesem Wassergehalte aus heifsen sauren Auflösungen durchs Erkalten anschiefst.

Heumann und Wittstein haben gezeigt, dafs das zweifach-schwefelsaure Natron, schon durch die Feuchtigkeit der Luft, welche es anzieht, nach und nach in neutrales Salz verwandelt werden kann, wenn man dafür sorgt, dafs die freie Schwefelsäure, wenn sie sich mit dem Wasser verbunden hat, abgeleitet wird. Diefs geschieht, wenn man das saure Salz auf Löschpapier legt, welches von

1) Buchner's Repert. Bd. 84, S. 358.

2) Es ist indessen hierbei zu bemerken, dafs vielleicht in der erhaltenen Masse von kleinen Krystallen verschiedene Salze enthalten waren, die sich durch ihre Form von einander unterschieden. Es konnte diefs indessen mit völliger Sicherheit nicht ausgemacht werden. Uebrigens hat auch Wittstein ein Salz von ganz gleicher Zusammensetzung erhalten.

Zeit zu Zeit in dem Maafse, dafs es feucht wird, gewechselt werden mufs. Es bleibt dann endlich, wenn das Papier nicht mehr feucht wird, neutrales Salz im zerfallenen Zustand zurück. — Das zweifach-schwefelsaure Kali, in welchem das zweite Atom der Schwefelsäure mit stärkerer Verwandtschaft gebunden ist als in dem analogen Natronsalze, zeigt diese Erscheinung nicht.

Noch bei weitem leichter als die sauren schwefelsauren Salze des Kalis und des Natrons werden die Verbindungen der schwefelsauren Baryterde und Kalkerde mit Schwefelsäurehydrat durch Wasser zersetzt. Es gehört dazu, wegen der Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit der neutralen Salze, nur eine geringe Menge von Wasser, um das zweite Atom der Schwefelsäure abzuscheiden.

Aehnlich wie in diesen Fällen verhält sich das Wasser gegen solche Salze, die man sich aus zwei oder mehreren einfachen Salzen mit feuerbeständigen Basen zusammengesetzt denken kann, also gegen die sogenannten Doppelsalze. Ist in diesen das eine Salz mit dem andern mit nicht grofser Verwandtschaft verbunden, so können beide schon durch Auflösen in Wasser und Umkrystallisiren von einander getrennt werden, wie diefs bei den Doppelsalzen aus kohlensaurem Kali und Natron, so wie bei dem aus schwefelsaurem Kali und Natron stattfindet. Noch leichter trennt das Wasser die einfachen Salze eines Doppelsalzes, wenn das eine von beiden in Wasser unlöslich oder sehr schwer löslich ist. Diefs ist z. B. der Fall bei dem Glauberit, der mit Wasser behandelt, schwefelsaure Kalkerde ungelöst zurückläfst, während sich schwefelsaures Natron auflöst.

Mit gröfserer Verwandtschaft sind in dem Gay-Lussit die beiden Salze, aus denen er besteht, mit einander verbunden, denn nach Boussingault wird von dem gepulverten Doppelsalze durch Wasser nur eine sehr geringe Menge gelöst. Erst durch das Glühen, wodurch der Gehalt an Krystallwasser verjagt wird, wird die Verwandtschaft der kohlensauren Kalkerde zum kohlensauren Na-

tron so vermindert, dafs dann Wasser das letztere Salz löst, und das erstere ungelöst zurückläfst.

Von ähnlicher Art ist das Doppelsalz, welches Arthur Phillips [1]) untersucht und Potasso-Gypsit genannt hat. Es besteht aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Kalkerde, ist im Wasser nur sehr wenig löslich, wird aber leicht durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure gelöst. Ob nach dem Erhitzen, wobei 1 Atom Krystallwasser fortgeht, aus dem Salze durch Wasser das schwefelsaure Kali leicht ausgezogen werden kann, während schwefelsaure Kalkerde ungelöst bleibt, ist nicht angegeben worden.

Auch das von Wöhler dargestellte kohlensaure Zinkoxyd-Natron gehört hierher. Wasser zieht aus ihm nicht eher kohlensaures Natron aus, als bis es erhitzt worden ist.

Solche Doppelsalze bilden sich unter besondern Verhältnissen, die im Kleinen in dem Laboratorium oft schwer erreicht werden können. Daher finden sich solche Verbindungen mehr in der Natur und es ist von besonderem Interesse, wenn sie bisweilen künstlich gebildet werden können, wie dieſs namentlich Bauer [2]) gelungen ist, der den Gay-Lussit im Kleinen dargestellt hat. Der Potasso-Gypsit hat sich in einer Fabrik von Weinsteinsäure gebildet, in welcher der Weinstein auf die gewöhnliche Weise mit kohlensaurer Kalkerde behandelt, und darauf das neutrale weinsteinsaure Kali durch Gyps zerlegt wurde. Beim Eindampfen des schwefelsauren Kalis wurde das Doppelsalz erhalten.

Eins der merkwürdigsten Doppelsalze in dieser Hinsicht ist der Polyhalit, der sogar aus drei einfachen Salzen besteht, aus schwefelsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia und schwefelsaurer Kalkerde, welche letztere ungelöst zurückbleibt, wenn der Polyhalit mit Wasser behandelt wird, während die beiden andern Salze aufgelöst werden. Man sollte meinen, dafs ein so merkwürdig complicirt zusammengesetztes Salz, das unstreitig nur ganz besonderen Ver-

1) *Quarterly Journal of the Chem. Society*, Januar 1851, S. 348.
2) Pogg. Ann. Bd. 24, S. 367.

hältnissen seine Erzeugung verdankt, nur selten vorkommen könne. Aber Untersuchungen haben ergeben, dafs der Polyhalit aus dem Steinsalze von vier verschiedenen Fundorten dieselbe quantitative Zusammensetzung hat.

Doppelsalze ähnlicher Art bilden sich indessen häufig bei chemischen Untersuchungen. Wenn ein schwerlösliches Salz in der Auflösung eines leichter löslichen auflöslicher ist, als im reinen Wasser, so ist die Bildung eines Doppelsalzes die Ursache dieser Erscheinung. Aber eben so oft vereinigen sich auch auflösliche Salze mit unlöslichen zu Doppelsalzen, die nur durch aufserordentlich grofse Mengen von Wasser getrennt werden können. Jedem Chemiker ist bekannt, welche aufserordentlich grofse Mengen von Wasser das Auswaschen einer schwefelsauren Baryterde bedarf, die durch ein Baryterdesalz aus einer Auflösung gefällt wurde, welche neben Schwefelsäure auch Salpetersäure enthielt. Man kann die Bestandtheile des Doppelsalzes von schwefelsaurer und salpetersaurer Baryterde endlich durch die chemische Masse einer sehr bedeutenden Menge von Wasser, namentlich wenn dieselbe kochend angewandt wird, trennen und zwar vollständig, aber jeder Unerfahrene in chemischen Untersuchungen mufs sich über die Quantitäten wundern, die dazu verwandt werden müssen.

Das Verhalten des Wassers zu den Doppelsalzen ist in vieler Hinsicht sehr merkwürdig. Man kann dieselben gerade hinsichtlich ihrer Zersetzbarkeit durch Wasser in zwei Klassen bringen, obgleich die Gränze zwischen beiden nicht scharf gezogen werden kann. Einige, obgleich die einzelnen Salze in ihnen von verschiedener Löslichkeit sind, widerstehen hartnäckig jeder Zersetzung durch Wasser, während andere mehr oder minder leicht durch Wasser zerlegt werden können.

Zu den ersteren kann der Gay-Lussit gerechnet werden. Es gehören ferner hierzu die grofse Reihe von Doppelsilicaten, die in der Natur vorkommen, in denen lösliche Silicate der Alkalien mit unlöslichen Silicaten von

Thonerde, Kalkerde, Magnesia und andern Oxyden verbunden sind. Diese Silicate sind bekanntlich von verschiedenen Zuständen der Dichtigkeit. Diejenigen von ihnen, welche Wasser enthalten, und sich leicht durch verdünnte Säuren zersetzen lassen, wie die Zeolithe, sind offenbar auf nassem Wege entstanden, und sie bilden sich noch immer bei der Anwendung des hydraulischen Mörtels.

Es ist besonders aber der Alaun, der als Hauptrepräsentant dieser Classe von Doppelsalzen angesehen werden kann. Man kann ihn oft auflösen und umkrystallisiren, ohne die mindeste Zersetzung bei ihm bemerken zu können, obgleich die einfachen Salze, aus denen er besteht, von verschiedener Löslichkeit im Wasser sind. Dafs er aber der Einwirkung einer grofsen Menge des Wassers nicht ganz widersteht, beweisen die interessanten Versuche von Graham, dem es in der That gelungen ist, den Alaun vermittelst Diffusion zu zerlegen [1]).

Bei diesen Versuchen ist es offenbar die chemische Masse des Wassers, durch welche die Zerlegung bewirkt wird. Denn eine kleine Menge der Auflösnng des Salzes kommt nach und nach durch Diffundirung mit grofsen Massen von Wasser in Berührung, und wenn die Auflösung eines Doppelsalzes durch Wasser wirklich zersetzt werden kann, so kann es wohl auf keine sicherere Weise geschehen, als durch das Diffusions-Verfahren, wie es von Graham bei seinen Versuchen angewendet worden ist.

Es kommen, namentlich auch in der Natur, viele Doppelverbindungen vor, in denen grofse Mengen einer unlöslichen Verbindung mit sehr kleinen Mengen einer andern vereinigt sind, welche im isolirten Zustande auflöslich ist. Ungeachtet der oft äufserst geringen Menge der löslichen Substanz gehört letztere wesentlich zur Zusammensetzung. Während bei der Bildung der Verbindung der unlösliche Bestandtheil von dem gröfsten Theile des löslichen leichter getrennt werden konnte, blieb eine kleine Menge derselben hartnäckig mit dem unlöslichen Salze ver-

1) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 77, S. 80.

bunden. Bei chemischen Untersuchungen kommen Fälle dieser Art sehr häufig vor. Ich habe schon oben erwähnt, dafs sehr kleine Mengen von salpetersaurer Baryterde innig mit grofsen Quantitäten von schwefelsaurer Baryterde sich vereinigen, besonders aber sind es die unlöslichen phosphorsauren Salze, welche kleine Mengen von Chlormetallen, wie Chlorcalcium, Chlorbaryum und Chlorblei aufnehmen. Ich habe schon vor längerer Zeit [1]) unlösliche Verbindungen von phosphorsaurer Baryterde mit kleinen Mengen von Chlorbaryum dargestellt, und der in der Natur vorkommende Apatit enthält bekanntlich wesentlich eine geringe Menge von Chlorcalcium, so wie das Grünbleierz Chlorblei. Aber auch in mehreren in der Natur vorkommenden Silicaten finden sich kleine Mengen auflöslicher Salze, die einen wesentlichen Bestandtheil des Silicats ausmachen, weil sie immer mit diesem vereinigt an sehr verschiedenen Fundorten vorkommen. So enthält der Sodalit Chlornatrium, der Nosean schwefelsaures Natron, der Haüyn schwefelsaure Kalkerde, und mancher auch schwefelsaures Natron, der Cancrinit neben kohlensaurer Kalkerde auch bisweilen kohlensaures Natron.

Eine grofse Menge von Wasser, namentlich von kochendem, kann, wenn diese Mineralien im gepulverten Zustand mit demselben behandelt werden, den unlöslichen Verbindungen den auflöslichen Bestandtheil entziehen, obgleich sehr schwer und ob vollkommen ist noch nicht untersucht worden. Kocht man feingepulverten Apatit mit grofsen Mengen von Wasser, so kann in demselben sehr leicht die Gegenwart des Chlors und der Kalkerde (aber nicht die der Phosphorsäure) wahrgenommen werden; eben so löst kochendes Wasser Chlornatrium aus dem Sodalit, so wie schwefelsaures Natron und schwefelsaure Kalkerde aus dem Nosean und dem Haüyn. Es können daher diese Mineralien durch das Wasser gänzlich verändert werden, da die durch dasselbe aufgelösten Bestandtheile zu den wesentlichen der Verbindung gehören. Diese verwandelt sich

1) Pogg. Ann. Bd. 8, S. 211.

dann nach und nach langsam durch so schwache Agentien wie das Wasser ist, in andere Verbindungen.

Wie dieser Proceſs fortwährend in der Natur vor sich ging und noch vor sich geht, wie namentlich das Wasser selbst solche Silicate zu zersetzen vermag, in denen die Bestandtheile in einem sehr verdichteten Zustand vereinigt sind, hat G. Bischoff in seinem »Lehrbuche der chemischen und physicalischen Geologie« vortrefflich und auf eine vollkommen überzeugende Weise dargethan. Denn viele in der Natur vorkommende Verbindungen können gewiſs leichter durch das Wasser zerlegt werden, als man es gewöhnlich annimmt. So werden namentlich Zeolithe im fein gepulverten Zustand durch langes Kochen mit Wasser zersetzt, wie dieſs in einer spätern Abtheilung dieser Abhandlung erörtert werden wird.

Deutlicher noch als bei Behandlung der Doppelsalze durch Wasser kann man das Berthollet'sche Hauptgesetz studiren, wenn man die Einwirkung des Wassers gegen schwache Basen und schwache Säuren verfolgt. Denn das Wasser spielt gegen die meisten Körper, mit denen es sich verbindet, bald die Rolle einer Base, bald die einer Säure. Obgleich es in beiden Fällen nur als sehr schwache Base und als sehr schwache Säure auftreten kann, so kann es sowohl Basen als auch Säuren aus ihren Verbindungen austreiben.

Das Verhalten des Wassers gegen Basen und Säuren bietet viele wichtige Erscheinungen dar. Mehrere derselben sind schon seit langer Zeit wahrgenommen, aber wie mir scheint, nicht richtig gedeutet worden. Seit längerer Zeit habe ich dieses Verhalten studirt; ich erlaube mir jetzt in einer Reihe von Abhandlungen die Resultate meiner Untersuchungen mitzutheilen.

(Fortsetzung folgt.)

VIII. *Beiträge zur Kenntnifs eines neuen metallischen Körpers; von Dr. C. Bergemann in Bonn.*

Zu der Untersuchung, deren Resultate der Inhalt der folgenden Zeilen ausmachen, wurde ich durch einige Versuche veranlafst, welche ich zu einem andern Zwecke mit dem von Scheerer analysirten Woehlerit und Enkolit aus dem Zirkonsyenit von Brevig in Norwegen ausführte. Hr. Dr. Krantz hierselbst, welcher mit gewohnter Liberalität mir seine auch an diesen seltenen Gegenständen so reiche Sammlung zur Benutzung stellte, machte mich auf ein drittes Fossil von demselben Fundorte aufmerksam, welches in seinen äufseren Eigenschaften Aehnlichkeit mit den genannten beiden Mineralien besitzt, aber in manchen Beziehungen doch Abweichungen zeigt. Ich stellte mit demselben einige Löthrohrversuche an und fand, dafs dasselbe ganz andere Bestandtheile enthalten müsse, als sie von Scheerer sowohl im Woehlerit als auch in dem Enkolit nachgewiesen sind und mithin ein anderes Fossil bilde. Bei der weiteren Untersuchung der Masse gelang es mir einen Stoff daraus abzuscheiden, der mit keinem der bis jetzt bekannten eine vollständige Uebereinstimmung, sowohl in seinem oxydirten Zustande, wie in dem seiner anderen Verbindungen zeigte und welchen ich demnach für neu hielt. Ich erlaubte mir die wesentlichsten Resultate meiner Analyse, so wie meinen augenblicklichen Vorrath von diesem Körper Hrn. Prof. H. Rose zur Beurtheilung vorzulegen, und hatte die Freude von dieser Seite sowohl eine Bestätigung meiner Ansicht zu erhalten, als auch zugleich Andeutungen zur Ausführung von noch andern Versuchen zu empfangen, welche geeignet waren die Eigenthümlichkeit dieser Materie noch mehr darzuthun. Obgleich noch manche Eigenschaften des Metalls und namentlich die der Salze desselben zu ermitteln übrig sind, so nehme ich doch keinen Anstand, meine Erfahrungen über diesen Körper

jetzt schon mitzutheilen, um dadurch andere Chemiker zu veranlassen, ihre Aufmerksamkeit dieser Masse zuzuwenden.

Zur Bezeichnung dieses in die Wissenschaft einzuführenden neuen Metalls erlaube ich mir, ohne übrigens einer jeden anderen passenderen Benennung entgegentreten zu wollen, den Namen Donarium, Do, nach dem germanischen Gott Donar, dem nordischen Thor, und also für das Oxyd die Bezeichnung Donariumoxyd, Donaroxyd, in Vorschlag zu bringen.

Das Mineral, welches den Gegenstand der Untersuchung ausmacht, findet sich in dem Zirkonsyenit von Brevig, der schon so vieles Eigenthümliche geliefert hat. Es besitzt eine gelblichrothe Farbe, die sich an einzelnen Bruchstücken bis zum Braunen verläuft, an andern dagegen fast wieder gelblich wird. Wird das Mineral gepulvert oder geritzt, so zeigt es eine lichte orange Farbe. In dünnen Splittern ist es fast durchsichtig, an stärkern durchscheinend. Einzelne Stückchen zeigen deutlich einen Blätterdurchgang, an andern erscheint die Bruchfläche mehr flach muschlig.

Die Härte steht zwischen der des Flufsspaths und des Apatits; das spec. Gewicht, an Bruchstückchen bestimmt, = 5,397.

Kleine Splitter im Platinlöffel erhitzt, zerfallen meistentheils zur dunkelbraunen Masse, welche beim Erkalten die orange Farbe wieder annimmt, wobei die gröfseren Stückchen ihre Durchscheinenheit verlieren. Beim Erhitzen in einer Glasröhre werden Wasserdämpfe bemerkt. Werden Bruchstücke durch Hülfe der Platinzange in die Flamme der Weingeistlampe gebracht, so findet ein geringes Decrepitiren statt. Einzelne abspringende Stäubchen verglimmen dabei mit lebhaftem Licht, ohne nachher in ihrer Farbe eine Veränderung zu zeigen.

Vor dem Löthrohr auf der Kohle schmilzt das Mineral nicht; nur an den Kanten findet zuweilen eine geringe Verglasung statt, vielleicht nur in Folge der Einmischung

fremder Stoffe. Durch Zusammenschmelzen mit Soda wird Kieselsäure aufgelöst; die übrigen Stoffe lassen sich in der undurchsichtigen Glasmasse durch Hülfe der Lupe als gelbliche Theilchen erkennen. Borax liefert eine gelbliche und nach dem Erkalten farbenlose Perle; Phosphorsalz dagegen in dem äufsern Theile der Flamme ein röthliches, nach dem Erkalten farbenloses Glas, während die Perle in dem innern Theile der Flamme gelblich und nach dem Abkühlen ebenfalls farbenlos wird.

Durch Säuren wird das Mineral leicht zersetzt und bildet, namentlich mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, eine vollkommen klare und durchsichtige Gallerte, ohne den geringsten Rückstand zu hinterlassen. Es findet dabei eine geringe Entwicklung von Kohlensäure statt, welche, wie sich ergeben wird, an ein wenig Kalk gebunden ist. Die Farbe der Auflösung ist tief gelb, wie die einer concentrirten Eisensolution. Verdünnte Säuren, selbst Weinsteinsäure, greifen das Mineral ebenfalls an. Wird das feine Pulver desselben etwa 24 Stunden mit einer Auflösung von kohlensauren Alkalien von gewöhnlicher Concentration digerirt, so wird es auch dadurch stark angegriffen; benutzt man eine Auflösung von kohlensaurem Ammoniak zu dem Versuche, und wendet dieses bei der gewöhnlichen Temperatur an, so wird die von dem zurückbleibenden Pulver abfiltrirte klare Flüssigkeit beim Erhitzen bis zum Sieden sich trüben. Hat man das Mineral einer starken Glühhitze ausgesetzt, so greifen nachher selbst concentrirte Säuren die wesentlichen Bestandtheile desselben wenig mehr an. Eisenoxyd und ein wenig Kalk werden dadurch ausgezogen; eine Entwicklung von Kohlensäure findet aber jetzt dabei nicht mehr statt.

Die qualitative Untersuchung ergab als Hauptbestandtheile des Minerals Kieselsäure, Donaroxyd, Kalkerde und Wasser; ferner in sehr geringen Mengen Eisenoxyd, Bittererde mit Mangan und ein wenig natronhaltiges Kali.

Die Trennung dieser Stoffe von einander, nachdem ihre Natur ermittelt war, bot keine Schwierigkeiten weiter dar.

Die Untersuchung zerfällt in drei Haupttheile; zunächst in die Bestimmung der Kieselsäure, darauf, nachdem diese unlöslich gemacht und getrennt ist, in die Untersuchung eines in der sauren Flüssigkeit durch Ammoniak erzeugten Niederschlages und endlich in die der von diesem Niederschlage abfiltrirten ammoniakalischen Flüssigkeit. Der Wassergehalt des Minerals wurde durch einen besondern Versuch ermittelt.

Das feingepulverte und bei einer Temperatur von 100° ausgetrocknete Mineral wurde durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt, wobei es, wie schon bemerkt, eine dunkelgelbe, aber vollkommen durchsichtige und homogene Gallerte bildete. Aus dieser wurde die Kieselsäure in der gewöhnlichen Weise durch Eindampfen und scharfes Erhitzen des Rückstandes geschieden und die vorhandenen auflöslichen Stoffe nach dem Anfeuchten mit Chlorwasserstoffsäure durch Wasser getrennt. Die so erhaltene Kieselsäure löste sich durch Kochen mit kohlensaurem Natron vollkommen auf und zeigte überhaupt alle die Eigenschaften, welche eine reine Kieselsäure charakterisiren. Ich vermuthete Zirkonerde in der Masse zu finden, sie war jedoch ganz frei davon.

Die von der Kieselsäure abfiltrirte saure Flüssigkeit wurde mit Ammoniak behandelt und der dadurch entstandene blendend weifse Niederschlag schnell abfiltrirt und ausgesüfst. Derselbe enthielt alles Donaroxyd des Minerals und aufserdem eine Spur Eisen; Thonerde ist nicht vorhanden. Die Trennung des Eisens von dem Donaroxyd hätte durch eine Wiederauflösung des Niederschlages in einem kohlensauren Alkali, namentlich in kohlensaurem Ammoniak, bewirkt werden können, jedoch sehr geringe Mengen von Eisenoxyd, wie hier, werden in dieser Weise nicht scharf zu trennen seyn, und zog ich es daher vor, den Niederschlag, welcher an der Luft eine gelbliche und nach und nach eine röthlich gelbe Farbe angenommen hatte, stark auszuglühen und ihn darauf, nachdem er zum feinen Pulver zerrieben war, längere Zeit mit Chlorwasserstoffsäure zu digeriren. Das Eisen liefs sich dadurch, wie

die spätere Untersuchung des Rückstandes zeigte, vollkommen trennen. Das Aussüfsen des Donaroxydes ging aber ziemlich langsam von Statten, indem die abfliefsende Flüssigkeit immer noch Spuren von Chlorwasserstoffsäure zeigte, wefshalb das Oxyd nochmals mit ein wenig kohlensaurem Natron digerirt, darauf ausgesüfst und geglüht wurde, ehe ich sein Gewicht bestimmte.

Das Eisenoxyd wurde durch Ammoniak aus der Auflösung gefällt.

Die von dem Donaroxyde abfiltrirte ammoniakalische Flüssigkeit enthielt den Kalk und die übrigen Stoffe gelöst. Ersterer wurde durch Oxalsäure gefällt und in der gewöhnlichen Weise bestimmt, die anderen Stoffe in dem Rückstande, welcher nach Verdunstung der vom Kalksalze abfiltrirten Flüssigkeit erhalten war, nach den gewöhnlichen Methoden. Der Kalk ist in dem Mineral wahrscheinlich mit der bei der Auflösung desselben sich entwickelnden Kohlensäure in Verbindung gewesen, da die geglühte Masse keine freiwerdende Kohlensäure bemerken liefs.

Unter dieser Voraussetzung würde das quantitative Verhältnifs der Zusammensetzung seyn:

Kieselsäure	17,695
Donaroxyd	71,247
Kohlensaurer Kalk	4,042
Eisenoxyd	0,310
Bittererde und Maganoxyd	0,214
Kali mit ein wenig Natron	0,303
Wasser	6,900
	100,741.

Wird angenommen, dafs Kieselsäure, Donaroxyd und Wasser die wesentlichen Bestandtheile des Minerals ausmachen, und der kohlensaure Kalk mit den übrigen 0,825 Proc. betragenden Stoffe nur zufällige Verunreinigungen sind, so würde sich folgendes Verhältnifs ergeben:

Kieselsäure	18,463
Donaroxyd	74,338
Wasser	7,199
	100,000.

Weiter unten wird gezeigt werden, dafs das Donaroxyd 13,072 Proc. Sauerstoff enthält. Das Sauerstoffverhältnifs in Kieselsäure, Donaroxyd und Wasser ist daher von $1:1:\frac{2}{3}$, wonach das Mineral, wenn Donaroxyd als $\dddot{R}$ betrachtet wird, $\dddot{R}\ddot{S}i + \dot{H}^2$ bildet. Die einfachste Bezeichnung für dieses Mineral würde »*kieselsaures Donaroxyd*« seyn.

Wie schon erwähnt erhielt ich nach der Scheidung der Kieselsäure aus dem Fossil durch Fällung mit Ammoniak einen im Anfange weifsen und nach und nach gelblich werdenden Niederschlag, welcher das Ansehen von Ceroxydul hatte. Ich löste einen Theil der Masse durch Chlorwasserstoffsäure auf, bemerkte aber dabei keine Entwicklung von Chlor; ein anderer Theil wurde geglüht, und dabei färbte sich das Ganze schell tief roth. Die Ursache dieser Erscheinung glaubte ich in der Anwesenheit einer gröfseren Menge Eisenoxyd suchen zu müssen, welches vielleicht als Oxydul in dem Fossil enthalten gewesen und durch irgend einen mir noch unbekannten Umstand erst langsamer als gewöhnlich durch die Einwirkung der Luft in den höhern Oxydationszustand übergegangen sey, und sich dadurch der Wahrnehmung mehr entzogen habe, obgleich ich diese Annahme sehr unwahrscheinlich fand, und dieselbe auch im Widerspruch mit der gelben Farbe der Gallerte, und deren Auflösung in Wasser stand. Aus dem tief rothen Oxyde liefsen sich durch Hülfe von Chlorwasserstoffsäure auch nur Spuren von Eisen ausziehen, wodurch die Farbe des Rückstandes aber keineswegs lichter wurde, und als ich diesen mit Chlorwasserstoffsäure und ein wenig Alkohol behandelte, zeigte sich gar keine Einwirkung, obgleich sonst anhaltend geglühtes Ceroxyd leicht dadurch reducirt werden kann. Ich bestimmte ferner das speci-

fische Gewicht des Oxydes und überzeugte mich dadurch sicher, dafs dasselbe kein durch Eisen verunreinigtes Ceroxyd seyn könne. Ferner stellte ich eine grofse Reihe von Versuchen an, um Phosphorsäure, Borsäure oder Fluor darin zu entdecken, jedoch vergeblich. Bei Benutzung der gewöhnlichen Reagentien erkannte ich aber sehr bald, dafs die Masse zu den Erden gehören müsse, und glaubte es daher mit einem Gemenge von mehren dieser zu thun zu haben, obgleich die Entstehung der dunkelrothen Farbe und die grofse specifische Schwere sich doch nicht dadurch erklären liefs. Nachdem ich mich von der Abwesenheit der Yttererde und des Ceroxyds und deren Begleiter überzeugt hatte, wurden die Versuche dahin gerichtet, um Thor- und Zirkonerde zu ermitteln, aber das Resultat aller war, dafs diese Masse eine neue eigenthümliche bilde, welche der Zirkonerde am nächsten steht, sich aber doch von dieser leicht unterscheiden läfst. Das Verhalten der Reagentien zu diesem neuen Körper spricht sich so scharf und bestimmt aus, dafs ihm seine Stelle in dem Systeme der Wissenschaft leicht nachzuweisen ist.

Ich hoffte bei dieser Untersuchung wieder auf eine der Massen zu treffen, welche Svanberg [1]) in der Zirkonerde aus Zirkonen von verschiedenen Fundorten und in der Yttererde aus dem Eudialyt abgeschieden hat. Aus dem Folgenden aber wird sich ergeben, dafs ganz verschiedene Materien uns beschäftigt haben müssen. Die so charakteristische rothe Farbe des Oxydes, seine fast gänzliche Unauflöslichkeit, sowohl in kalten als in heifsen Säuren, die abweichenden Eigenschaften der beschriebenen Salze, besonders des schwefelsauren, ferner das Verhalten des oxalsauren Salzes gegen Chlorwasserstoffsäure u. s. w. unterscheiden alle diese Körper gleich von einander.

Schliefslich erwähnt Svanberg eines Metalloxydes, welches mit der Zirkonerde aus dem Eudialyt immer vereinigt sey und dieser einen schwachen Stich ins Urangelbe gebe, während es beim Kochen dunkler werde. Als Oxydul ist

1) S. d. Ann. Bd. 66, S. 309.

dasselbe nach Svanberg dunkelgelb und löst sich als solches mit gelber Farbe in den Säuren, während es als Oxyd braun aussieht, und eisenrothe Lösungen giebt, welche mit Salzsäure in der Wärme Chlor entwickeln. In dem Folgenden wird aber dargethan werden, dafs auch diese Angaben auf das von mir untersuchte Oxyd nicht passen, und die neue Masse mit demselben wenig mehr gemein hat, als die ähnliche Farbe des Oxydes und die Eisenfarbe der Auflösungen des Hydrats.

Zur Ausführung der folgenden Versuche wurde, wie angegeben, das durch Ammoniak gefällte Oxydhydrat benutzt. Dasselbe wurde von der geringen Menge Eisen befreit, und nun, nachdem es fein zerrieben war, mit concentrirter Schwefelsäure bei hoher Temperatur digerirt, das Aufgelöste von Zeit zu Zeit nach dem Versetzen mit Wasser heruntergenommen und durch neue Säure ersetzt. Ich erhielt so nach und nach eine für die Ausführung der Versuche hinreichende Quantität des schwefelsauren Salzes, aber selbst nach einem mehre Tage fortgesetzten Digeriren wollte es mir nicht gelingen, die vielleicht noch weniger feinen Körnchen von dem Oxyd vollständig aufzulösen. Aus einem Theile des eisenfreien schwefelsauren Salzes fällte ich das Oxydhydrat wieder durch Ammoniak und benutzte nun dieses nach dem Austrocknen bei mäfsiger Wärme zur Darstellung der verschiedenen Auflösungen.

Das *Donaroxydhydrat,* so wie es hierbei erhalten wird, hat noch feucht eine weifse Farbe, wird aber nach und nach gelblich. Es bildet so einen voluminösen Niederschlag, der leicht abzufiltriren ist, sich aber schwer vollständig aussüfsen läfst, indem von dem Fällungsmittel, besonders bei der Anwendung von Kali oder Natron, immer noch Spuren in dem Filtrat sich zeigen. Bei gewöhnlicher Lufttemperatur getrocknet, bildet die Masse gummiartige Klumpen von gelber Farbe, welche beim Zerreiben ein röthliches Pulver geben. In diesem Zustande stellt der Körper das reine Oxydhydrat dar, welches wahrscheinlich wie Eisenoxyd sich in mehren Verhältnissen mit Wasser verbin-

den kann. Das Wasser wird bei mäfsiger Temperaturerhöhung schon ausgetrieben. Das Hydrat löst sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in allen Säuren auf, sehr schnell aber bei Unterstützung durch Wärme. Wird Chlorwasserstoffsäure zu dem Versuche benutzt, so entwickelt sich dabei kein Chlor.

Metallisches Donarium wurde zunächst aus dem Oxyde dargestellt, indem ich dasselbe mit Kalium erhitzte. Die Zersetzung erfolgte schnell und unter Lichtentwicklung. Bei der Behandlung der Masse mit Wasser scheidet sich das Metall als kohlschwarzes schweres Pulver ab. Wird die alkalische Lösung schnell abgegossen und das Pulver mit Wasser abgespühlt, so kann es unter Wasser längere Zeit, 24 bis 36 Stunden, ziemlich ohne Veränderung aufbewahrt werden. Bleibt es dagegen unter heifsem Wasser stehen, so bildet sich nach und nach eine gelblichgraue Masse in Folge eintretender Oxydation. Das schwarze Metallpulver bildet schwere sich bald zusammenballende Flocken, die sich auch leicht filtriren liefsen. Nach dem Trocknen nehmen sie, wenn sie mit einem Achat gerieben werden, Metallglanz an und sind selbst in feuchter Luft ohne irgend einen Geruch zu entwickeln, mehre Stunden in diesem Zustande zu erhalten. Bei einem Versuche, das specif. Gewicht zu bestimmen, erhielt ich dasselbe: gleich 7,35; ich kann dasselbe jedoch nur als ein der Wahrheit sich näherndes Resultat betrachten, da zu der Ausführung des Versuchs zu geringe Quantitäten des Metalls verwendet werden mufsten. Werden Pulvertheilchen in die Flamme der Lampe gestreut, so verbrennen sie mit einem röthlichen Lichte zu rothem Oxyde; ebenso verbrennt das schwarze Pulver beim Erhitzen im Platinlöffel zu diesem Oxyde und zeigt dabei ein schnell vorübergehendes schwaches Glimmen. Kalte und ebenso kochende Chlorwasserstoffsäure wirken nicht auf das Metall; Salpetersäure nicht in der Kälte, beim Erhitzen auch nur langsam, Salpetersalzsäure oxydirt es schnell zu rothem Oxyde, von welchem sich ein geringer Theil auflöst; mit einigen Tropfen Schwe-

felsäure übergossen bildete sich schnell ein schwefelsaures Salz, wobei ich den Geruch nach schweflicher Säure zu bemerken glaubte.

Die durch heifses oder kalihaltiges Wasser entstehende graugelbliche Masse bildet beim Erhitzen für sich schnell rothes Oxyd, was auch ebenfalls entsteht, wenn sie mit ein wenig Salpetersäure angefeuchtet wird. Auch dieses Pulver zeigt ein Glühen, wenn es in die Flamme der Weingeistlampe gestreut wird. Das aus dem Metall dargestellte Oxyd, sowohl durch Verbrennung als auch durch Behandlung mit Salpetersalzsäure erhalten, hatte immer eine etwas lichtere Farbe als das aus seinen Verbindungen abgeschiedene und dann geglühte.

Das *Donariumoxyd*, durch starkes Ausglühen des Hydrats gewonnen, ist von sehr tiefer rother Farbe und bildet ein schweres aus flimmernden Schuppen bestehendes Pulver, welches, durch die Lupe betrachtet kleine durchscheinende Körnchen zeigte. Fein vertheilt hat das Pulver eine Orangenfarbe, bei starkem Glühen wird es dunkler, beim Erkalten aber heller. Nach einer Bestimmung beträgt das specifische Gewicht desselben 5,576. Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, Königswasser, selbst Flufssäure greifen das stark geglühte Oxyd nicht an. Auch bei langem Digeriren mit Chlorwasserstoffsäure, welche mit ein wenig Alkohol, Zucker, Weinsteinsäure oder Oxalsäure versetzt war, wurde nichts reducirt und gelöst.

Nur durch lange Einwirkung concentrirter Schwefelsäure wird die Masse löslich gemacht, wenn sie nachher mit vielem Wasser versetzt wird.

Stark geglühte Zirkonerde löst sich durch concentrirte Schwefelsäure viel schneller auf, als Donaroxyd. Wird das Oxyd dagegen nur der Temperatur ausgesetzt, bei welcher das Wasser aus dem Hydrat sich entfernt, so wird es von Chlorwasserstoffsäure noch ein wenig angegriffen, ohne dabei Chlor zu entwickeln.

Die Auflösungen des Oxydhydrats in Salpetersäure und Schwefelsäure sind farblos, dagegen die in heifser Chlor-

wasserstoffsäure gelb, fast wie eine Eisensolution. Die Farbe dieser Auflösung verschwindet beim Erkalten fast gänzlich, läfst sich aber durch Erwärmen immer wieder hervorrufen.

Kali fällte die Auflösung weifs und ein Ueberschufs des Fällungsmittels löst nichts von dem sich abscheidenden Oxydhydrat auf. Nach einiger Zeit wird der Niederschlag bei längerem Aussüfsen schwach gelblich und fällt stark zusammen. Wird zum Aussüfsen auch kochendes Wasser benutzt, so wird doch immer ein wenig Kali vom Niederschlage zurückgehalten.

Natron verhält sich wie Kali. Wird der durch diese Reagentien erzeugte Niederschlag abfiltrirt, die alkalische Flüssigkeit wieder angesäuert und darauf von neuem mit Ammoniak versetzt, so erfolgt nach einiger Zeit eine sehr schwache Trübung. Es scheint dabei das Kali oder Natron während des Filtrirens und Aussüfsens Kohlensäure aus der Luft anzuziehen und durch die entstehenden kohlensauren Alkalien eine Spur des Niederschlages wieder gelöst zu werden. Uebrigens wird die Fällung durch Kali oder Natron durch die Anwesenheit von Ammoniaksalzen nicht verhindert.

Ammoniak verhält sich ebenso wie Kali gegen die Auflösungen, nur ist der Niederschlag voluminöser, ähnlich der durch Ammoniak gefällten Thonerde.

Durch einfach kohlensaures Kali entsteht ein weifser Niederschlag, welcher erst beim Trocknen eine gelbliche Farbe annimmt. Ein Ueberschufs von kohlensaurem Kali löst den Niederschlag ziemlich leicht und vollständig wieder auf.

Einfach kohlensaures Natron verhält sich wie kohlensaures Kali, jedoch scheint mir die Auflöslichkeit des Salzes in dem Ueberschusse gröfser zu seyn, als bei Benutzung von kohlensaurem Kali. Die Widerauflösung ist vollständig, und die Flüssigkeit bleibt selbst bei anhaltendem Sieden klar. Bleibt sie aber nachher einige Zeit stehen, so zeigt sich eine unbedeutende Trübung. Waren mit dem Oxyde andere Stoffe gelöst, welche durch den Ueberschufs

des kohlensauren Alkalis nicht zur Wiederauflösung gebracht werden, so können diese vollständigst von dem Oxyde dadurch getrennt werden. Die Auflösung in kohlensaurem Kali oder Natron ist farbenlos und erleidet keine Fällung, wenn sie mit Chlorammonium versetzt wird.

Zweifach kohlensaures Kali liefert einen weifsen, im Ueberschufs des Fällungsmittels löslichen Niederschlag, welcher sich beim Sieden der Flüssigkeit nicht wieder zeigt.

Aehnlich verhält sich zweifach kohlensaures Natron.

Kohlensaures Ammoniak bringt ebenfalls einen weifsen Niederschlag hervor, der sehr leicht durch einen Ueberschufs des Fällungsmittels wieder gelöst wird. Die Auflösung kann lange Zeit aufbewahrt werden, ohne dafs sie sich im geringsten trübt. Erwärmt man sie aber, so tritt bald eine Trübung ein und beim Sieden bildet sich ein Niederschlag von allem in der Auflösung befindlichen Oxyde. Er löst sich beim Erkalten nicht wieder auf, auch wenn die Auflösung noch viel kohlensaures Ammoniak nach dem Sieden enthält. Der Niederschlag ist nicht gelatinös, sondern bildet ein schweres weifses Pulver, was bei längerem Kochen eine gelbliche Farbe annimmt, und nach dem Trocknen und Befeuchten mit Säuren keine Kohlensäure entwickelt. Wird derselbe nach vollständigem Aussüfsen und langem Austrocknen bei einer Temperatur von 120° mit den gewöhnlichen Mitteln, welche zur Entdeckung des Ammoniaks dienen, behandelt, so giebt sich dieses in grofser Menge in der Verbindung zu erkennen.

Wird phosphorsaures Natron zur sauren Auflösung gesetzt, so entsteht kein Niederschlag; neutralisirt man aber die Auflösung durch ein kohlensaures Alkali, so entsteht ein weifser, gallertartiger, durchscheinender Niederschlag, der zum gröfsten Theil durch einen reicheren Zusatz von kohlensauren Alkalien bald wieder gelöst werden kann. Der in neutralen Auflösungen entstehende Niederschlag kann durch alle Säuren schnell wieder gelöst werden. Befindet sich demnach das Oxydhydrat in einer alkalischen Auflösung, so entsteht durch einen geringen Zusatz von

phosphorsaurem Natron keine Ausscheidung, dagegen erst bei einem gröfsern, oder wenn das kohlensaure Alkali zum Theil durch Zusatz einiger Tropfen einer stärkern Säure zerlegt wird.

Wird mit einer neutralen oder sauren Auflösung Oxalsäure in Berührung gebracht, so entsteht augenblicklich ein dicker weifser Niederschlag, der in freier Oxalsäure unlöslich ist, dagegen aber durch einen gröfsern Zusatz von Chlorwasserstoffsäure in der Hitze gelöst werden kann; beim Erkalten aber trübt sich die klare Flüssigkeit wieder. Ist das Oxydhydrat durch ein kohlensaures Alkali gelöst, so bringt ein geringer Zusatz von Oxalsäure keine Fällung hervor, dagegen erst ein gröfserer, und ebenso eine jede andere Säure, indem sie das kohlensaure Alkali zersetzt. Der Niederschlag wird demnach auch durch einen gröfsern Zusatz von kohlensauren Alkalien wieder aufgelöst. Wenn man daher zur vollkommnen neutralen Auflösung eines Donarsalzes die Auflösung eines einfach oxalsauren Salzes bringt, so entsteht kaum eine Trübung, augenblicklich dagegen, wenn ein Tropfen irgend einer andern Säure hinzugefügt, oder ein zweifach oxalsaures Salz zu dem Versuche benutzt wird, indem das Donaroxyd also auch hier sich als eine schwache Basis zu erkennen giebt.

Durch eine concentrirte Auflösung von schwefelsaurem Kali entsteht nur nach und nach in der schwefelsauren Auflösung ein Niederschlag. Derselbe wird aber durch einen gröfsern Zusatz von Wasser und ebenso durch ein wenig Chlorwasserstoffsäure wieder gelöst, wobei es gleichgültig ist, ob der Niederschlag in der Siedhitze oder bei der gewöhnlichen Temperatur hervorgerufen war.

Kaliumeisencyanür bewirkt in der neutralen Auflösung einen fast fleischfarbenen, sich zum Braunen neigenden Niederschlag, der von Säuren zu einer trüben Flüssigkeit aufgenommen wird, welche ebenfalls entsteht, wenn das Reagenz zur sauren Auflösung gebracht wird.

Kohlensaurer Baryt schlägt schon in der Kälte und zwar vollständig das Donaroxyd aus seinen Auflösungen

nieder; beim Kochen erfolgt die Abscheidung sehr schnell. — Barytwasser fällt es ebenfalls weifs.

Schwefelammonium bringt in den Auflösungen einen dunkelgrünen flockigen Niederschlag hervor, ähnlich wie Eisen, welcher sich bald absetzt, und durch ein Uebermaafs des Fällungsmittels nicht gelöst werden kann. Kohlensaure Alkalien wirken auf denselben nicht ein, dagegen zersetzt ihn Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und diese Auflösung verhält sich zu den Reagentien wie die ursprüngliche Solution. Wird das Oxydhydrat durch ein kohlensaures Alkali aufgelöst und Schwefelwasserstoff oder auch Schwefelammonium hinzugefügt, so färbt sich die Flüssigkeit schnell grün, ohne eine Trübung bemerken zu lassen; nach kurzer Zeit scheidet sich jedoch die Schwefelverbindung ebenfalls ab.

Kaliumeisencyanid, Schwefelwasserstoff und Galläpfeltinktur wirken auf die Auflösungen des Donaroxydes nicht ein. Durch die Gegenwart von nicht flüchtigen organischen Stoffen, wie Weinsteinsäure, wird die Fällung des Donaroxydes durch reine Alkalien fast ganz verhindert, indem nur sehr langsam eine Trübung eintritt. Befinden sich organische Farbestoffe mit dem Oxyde in einer Auflösung, so werden diese mit dem Hydrat durch Alkalien gefällt und sind durch Aussüfsen des Niederschlags mit Wasser nicht wieder zu trennen, so z. B. eine durch Lackmus tief blau gefärbte Auflösung wird farbenlos, wenn aus der Auflösung das Hydrat durch Ammoniak gefällt wird.

Wird das rothe Oxyd mit reinen oder kohlensauren Alkalien zusammengeschmolzen, so löst es sich darin nicht auf, sondern scheidet sich mit der ihm eigenthümlichen Farbe nach dem Uebergiefsen der geschmolzenen Masse mit Wasser wieder ab. Auch wird das Oxyd durch Zusammenschmelzen mit Alkalien nicht fähig gemacht sich durch Säuren leichter lösen zu lassen, während aber fremde Stoffe daraus ausgezogen werden können. Beim Zusammenschmelzen mit zweifach schwefelsaurem Kali wird nach der Behandlung der Masse mit wenig Wasser ein flockiger Rück-

stand erhalten. Derselbe löst sich aber in einer gröfseren Menge Wasser, besonders bei Unterstützung durch Wärme und ebenso durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure wieder auf, und scheint demnach aus dem oben erwähnten Doppelsalz des schwefelsauren Donaroxydes und Kali zu bestehen.

Bei den Löthrohrversuchen bietet das Donaroxyd wenig Charakteristisches dar. Auf der Kohle für sich bleibt dasselbe bei der Einwirkung des äufsern, wie des innern Theils der Flamme unveränderlich. Mit Soda zusammengeschmolzen bildet es eine Kugel, in welcher die einzelnen Theilchen des Oxydes ungelöst schwimmen und nach dem Erkalten durch Hülfe der Lupe sich leicht durch ihre rothe Farbe erkennen lassen. Bei dem Zusammenschmelzen mit Borax entsteht eine gelbliche Perle, welche nach dem Erkalten farbenlos wird, und worin einzelne Theilchen des Donaroxydes zu erkennen sind. Phosphorsalz zeigt ein ähnliches Verhalten.

Um zu bestimmen, ob dies rothe Oxyd eine höhere Oxydationsstufe darstelle, welche sich erst bei höherer Temperatur durch den Sauerstoff gebildet habe, glühte ich die Masse in Wasserstoffgas. Soll dieſs gleichmäfsig und kräftig einwirken, so mufs das rothe Oxyd, so wie es durch Ausglühen gewonnnen worden ist, erst auf das sorgfältigste im Achatmörser gepulvert werden, indem sich sonst immer kleine Pünktchen von der dem Oxyde eigenthümlichen Farbe zeigen werden, welche der Einwirkung des Wasserstoffgases lange widerstehen.

0,696 Grm. des Oxydes wurden in trocknem Wasserstoffgase anhaltend geglüht. Die rothe Farbe verschwand allmählig dabei und es zeigte sich eine gelbliche, welche später mehr mit grau gemischt war. Als nach langer Zeit keine Veränderung weiter zu bemerken war, liefs ich die Masse im Wasserstoffgase erkalten, wobei sie sich dunkler färbte, aber noch immer ein gelbliches Ansehen behielt, und bestimmte darauf so schnell als möglich ihr Gewicht; sie hatte 0,089 Grm. verloren. Ein Theil des Pulvers

wurde in ein zu verschliefsendes Gläschen gebracht, mit Chlorwasserstoffsäure übergossen und das Ganze wohl verschlossen digerirt. Die Säure löste ein wenig vom Pulver auf, und es konnten nur einzelne Versuche mit der Auflösung angestellt werden, welche aber ganz dasselbe Resultat lieferten, wie es bei Anwendung der Auflösung des Oxydhydrats in Chlorwasserstoffsäure erhalten worden war. Ob bei der Einwirkung der Säure ein wenig Wasserstoff frei wurde, weifs ich nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Ein anderer Theil des Pulvers wurde mit concentrirter Schwefelsäure übergossen; diese wirkte stärker als Chlorwasserstoffsäure ein; aber eine vollkommene Auflösung der Masse war auch dadurch bei weitem nicht zu erreichen. Bei der ersten Einwirkung der Schwefelsäure entwickelten sich Gasbläschen; ob dieselben vom Wasserstoff herrührten, wage ich nicht zu entscheiden. Die Auflösung des schwefelsauren Salzes zeigte übrigens das oben angegebene Verhalten. An dem Wasserstoffapparate war in der gewöhnlichen Weise ein kleines Rohr mit frisch ausgeglühtem Chlorcalcium gefüllt, angebracht, dessen Gewicht vor dem Versuche bestimmt war. Nach der Beendigung desselben zeigte dieses eine Zunahme von 0,100 Grm. von aufgenommenem Wasser, welche dem oben angeführten Verluste von 0,089 Grm. entsprechen. Durch die angegebene Behandlung würde die Masse mithin 12,78 Proc. Sauerstoff verloren haben, ein Resultat, welches im Verein mit dem durch Rechnung erhaltenen wohl mit grofser Wahrscheinlichkeit zeigt, dafs dieser gelbliche Rückstand kein Oxydul bilden kann und überhaupt nicht als eine eigene Oxydationsstufe zu betrachten ist.

Es scheint mir aus diesem Versuche zu folgen, dafs das Donaroxyd nicht vollständig durch Erhitzung im Wasserstoffgase zum Metall zu reduciren ist, und dafs die Auflöslichkeit des Rückstandes in Säuren dadurch nur unbedeutend vermehrt wird; diese zeigte sich hier ungefähr von demselben Grade, wie die, welche das metallische Donar besitzt, wenn es durch Hülfe von Kalium aus dem Oxyde

aus-

ausgeschieden wird. Für eine besondere Oxydationsstufe dürfte demnach die gelbliche Masse wohl schwerlich zu halten seyn, sondern eher für ein Suboxyd oder Gemenge von Metall mit Oxyd, zumal da es sich gegen Säuren auch ungefähr ebenso verhält, wie der oben erwähnte gelbliche Absatz, welcher beim Uebergiefsen des Metalls mit kalihaltigem Wasser entsteht, mit dem es auch in seiner Farbe übereinkommt. Wird der gelbliche Rückstand im Platinlöffel nur ein wenig erwärmt, so färbt er sich gleich wieder roth. Der vorhandene geringe Vorrath an Material, welcher zur Ausführung der verschiedenen Versuche verwendet werden mufste, erlaubte nicht mit Sicherheit zu bestimmen, ob die bei diesem Erhitzen stattfindende Farbenveränderung mit einer solchen Gewichtszunahme verbunden war, wie sie der Gewichtsabnahme, durch Einwirkung des Wasserstoffgases hervorgebracht, entsprechen mufste. Werden einzelne Stäubchen der gelblichen Masse in die Flamme der Weingeistlampe geworfen, so verbrennen auch diese mit starkem rothen Lichte, was freilich auch das kieselsaure Salz, jedoch in einem geringeren Grade, zeigt. Demnach scheint das Donar nur eine Oxydationsstufe zu haben. Auch das Verhalten des Chlors zum Donaroxyd mufste besonders mit dazu beitragen, um über die Eigenthümlichkeit des Körpers zu bestimmen. Das Oxyd, welches zur Darstellung dieser Verbindung benutzt wurde, hatte ich mit feinem Zuckerpulver innigst gemengt und darauf in einem bedeckten Platintiegel einer anhaltenden Glühhitze ausgesetzt. Die erhaltene Kohle wurde darauf zerrieben, in ein Glasrohr von schwer schmelzbarem Glase gebracht, und nun Chlor, welches erst durch Schwefelsäure und darauf durch ein langes, mit frisch geglühtem Chlorcalcium gefülltes, Rohr geleitet war, über dasselbe geführt. Als die Kohle kaum bis zum Glühen gekommen war, zeigten sich an derselben schon viele weifse Punkte; das ganze Rohr füllte sich zugleich mit einem weifsen Dampfe. Es war zu dem Versuche ein Verbrennungsrohr von der gewöhnlichen Länge benutzt worden, dessen Spitze

abgebrochen war, und die Kohle befand sich ungefähr $2\frac{1}{2}$ Zoll von der Mündung aus welcher das Chlor einströmte. Nichts destoweniger zeigten sich an der Oeffnung des Rohrs die weifsen Dämpfe in Menge. Um sie aufzufangen, wurde die nach unten gerichtete Spitze des Rohrs in Wasser getaucht, von welchem sich die Dämpfe vollständigst zur klaren Flüssigkeit absorbiren liefsen.

Bei fortgesetztem Glühen verschwanden nach und nach die weifsen Punkte aus der Kohle und endlich wurde nichts weiter sublimirt. Der Anflug, welcher sich um die heifseste Stelle angesetzt hatte, war weifs, verlief aber allmälig in die verschiedensten Farben, in welchen die gelbe und röthlichgelbe vorherrschten. Jedoch nach dem vollständigen Erkalten verschwanden diese wieder und das Ganze erschien weifs. Um diese flüchtige Chlorverbindung hervorzubringen, ist die Anwendung einer sehr hohen Temperatur weniger nothwendig, als eine lange andauernde Einwirkung des Chlors.

Es wurde demnächst die zurückbleibende Kohle untersucht. Sie wurde mit siedendem Wasser extrahirt, wodurch aber nichts gelöst wurde. Darauf wurde sie mit Chlorwasserstoffsäure ausgekocht, aber auch dadurch fand keine Einwirkung statt. Da es nicht unmöglich war, dafs noch basische Chlorverbindungen zurück seyn konnten, so wurde die Kohle anhaltend mit Kali gekocht, die abfiltrirte Flüssigkeit schwach angesäuert und so untersucht, aber bei der Benutzung der entscheidendsten Reagentien entstand ebenfalls keine Fällung. Die Kohle liefs sich ohne Rückstand verbrennen. Es folgt aus diesem Verhalten, dafs kein Metall sich in dem Oxyd befunden hat, dessen Chlorverbindung feuerbeständig ist. Bei einem früheren Versuche, bei welchem ich ein kürzeres Rohr, etwa von der halben Länge eines Verbrennungsrohres benutzt hatte, da ich die Bildung eines so flüchtigen Chlorids nicht erwartete, unterbrach ich den Versuch und versuchte die schon in der Kohle entstandenen weifsen Theile durch Behandlung mit Wasser zu entfernen. Sie zeigten sich jedoch darin

wenig löslich und selbst Chlorwasserstoffsäure, welche zu einigen Tropfen der Flüssigkeit hinzugesetzt wurde, bewirkte keine Auflösung.

Der Rest der Masse bildete, mit Wasser übergossen, eine milchige Flüssigkeit, aus welcher sich die trübenden Theile selbst nach mehren Tagen noch nicht gesenkt hatten. Durch Filtration waren sie gar nicht zu scheiden, sie gingen vollständig mit durch die Poren des Papiers. Eine Wirkung auf die Reactionspapiere fand, wie zu erwarten, nicht statt. Unstreitig bildete diese Masse ein sehr basisches Chlorür. Leider konnte ich dasselbe nicht weiter untersuchen, indem es wieder zur Bereitung des Oxydes verwendet werden mufste.

Darauf wurde zur Untersuchung des Wassers geschritten, welches zur Condensation der weifsen Dämpfe gedient hatte. Dasselbe enthielt natürlich viel freie Chlorwasserstoffsäure. Es wurde eingedampft und mit den oben angeführten Reagentien geprüft. Dieselben brachten die Erscheinungen hervor, wie sie oben angegeben sind.

Von dem Sublimat im Rohre selbst war gleich nach Beendigung des Versuchs ein wenig durch Hülfe eines Glasstäbchens herausgenommen worden. Es wurde zwischen einige dünne Scheibchen Natrium gelegt und mit diesem in einem kleinen Tiegel erhitzt. Die Masse wurde dabei ebenso vollständig zum schwarzen Metall reducirt, wie dieſs aus dem Oxyde bei Anwendung von Kalium geschehen war, und das entstandene Metall konnte durch Hülfe von Wasser leicht vom Natron und Kochsalz befreit werden.

Der Inhalt des Rohrs erschien gleich nach Beendigung des Versuchs ziemlich voluminös; fiel aber bedeutend zusammen zu kleinen krystallinischen Pünktchen, indem er eine weifse Farbe annahm und sichtbar Feuchtigkeit aus der Luft anzog, ohne jedoch zu zerflieſsen; er entwickelte schwache weifse und nach Salzsäure riechende Dämpfe. Wasser löste denselben vollständig auf. Es kam nun darauf an, zu bestimmen, ob mit dem Chlordonarium sich zugleich noch andere flüchtige Chlormetalle sublimirt hatten,

von welchen jedoch nach der Weise, wie das ursprünglich benutzte Oxyd bereitet war, nur höchstens sehr geringe Quantitäten von Beryll-, Thor- oder Zirkonerde vorhanden seyn konnten. Die Reagentien zeigten gegen die Auflösung aber nur das Verhalten, wie es oben beschrieben ist. Kali wurde im Ueberschufs zu einem Theile der concentrirten Auflösung gebracht und die von dem entstandenen weifsen Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit neutralisirt und auf Beryllerde untersucht. Es zeigten sich aber bei der Benutzung von kohlensaurem Kali, Ammoniak, phosphorsaurem Natron u. s. w. nur einzelne leichte Flocken, bei weitem keine Trübung. Sollten diese Flocken auf die Gegenwart der Beryllerde deuten, so würde diese dem Donaroxyde nur in einer höchst geringen Menge beigemengt seyn. Thorerde war ebenfalls nicht vorhanden; Schwefelammonium brachte die dunkelgrünliche Fällung hervor, welche, abfiltrirt und weiter untersucht, die ursprünglichen Eigenschaften des Donaroxydes zeigte. Es war noch zu entscheiden, ob Chlorzirkonium sich in dem Sublimat befunden habe. Die Auflösung wurde mit den einfach kohlensauren Alkalien behandelt. Die Wiederauflösung des dadurch entstandenen weifsen Niederschlages erfolgte aber durch einen Ueberschufs derselben so vollständig und viel schneller, als es bei der Zirkonerde der Fall ist, und als ein Theil der Auflösung des Chlordonariums mit kohlensaurem Baryt behandelt wurde, erfolgte die vollständige Fällung der Masse schon in der Kälte.

Das Hauptresultat von allen diesen Versuchen besteht also darin, dafs die untersuchte flüchtige Chlorverbindung kein Gemenge mehrer sich verwandter Körper bildet, sondern allein Chlordonarium darstellte. Werden die Resultate der Untersuchung allgemein zusammengefafst, so ergiebt sich also daraus, dafs das Donaroxyd der Zirkonerde am nächsten steht, aber sich in vielen Beziehungen von dieser unterscheidet. Wegen seines grofsen specifischen Gewichtes dürfte es den Schwermetallen beizuzählen seyn, wenn nicht alle seine Verbindungen eine gewisse Aehnlich-

keit mit denen zeigten, welche die sogenannten eigentlichen Erden bilden, und namentlich gielt diefs von der Zirkonerde und deren Begleiter. Die basische Natur des Oxydes ist geringer als die der übrigen Erden, wie das Verhalten gegen kohlensauren Baryt, gegen einfach kohlensaure Salze mit stärkerer Basis, die Fällbarkeit durch Alkalien bei Anwesenheit von Ammoniaksalzen u. s. w. zeigt. Schon hierin scheinen mir hinreichende Gründe für die Annahme einer Zusammensetzung von $\dddot{R}$ zu liegen, und diese wird noch mehr bestätigt durch die Zusammensetzung des schwefelsauren Salzes, das einzige, welches mir die Menge des vorhandenen Materials quantitativ zu analysiren erlaubte.

Obgleich meine Erfahrungen über die Natur der Salze des neuen Metalls sehr unvollkommen sind, so wird die Mittheilung derselben doch dazu beitragen, sowohl die Eigenthümlichkeit desselben zu bestätigen, als auch eine Beurtheilung der allgemeinen Eigenschaften zuzulassen.

Das *schwefelsaure* Salz wurde erhalten durch Auflösung des Oxydhydrats in Schwefelsäure, und durch Verdampfung der Flüssigkeit, so lange als sich Dämpfe von Schwefelsäure bemerken liefsen. Der Rückstand wurde wieder mit Wasser übergossen, und die Auflösung langsam verdunstet. Es wollte mir jedoch durchaus nicht gelingen, das Salz zur Krystallisation zu bringen, indem sich immer nur kleine, weifse, perlmutterartig glänzende Schüppchen bildeten, welche keine Veränderung an der Luft und ebenso bei einer Temperatur von 100° erlitten. Dieses Salz scheint eine saure Verbindung darzustellen, welche viel Krystallwasser enthält. Wird es einer höheren Temperatur ausgesetzt als zur Verflüchtigung der Schwefelsäure nothwendig ist, so verliert es noch einen Theil Säure und Wasser, färbt sich in der Hitze dabei gelblich, wird aber beim Erkalten wieder weifs. Die Masse löste sich in Wasser meistenstheils noch auf, und scheint nun wohl eine neutrale Verbindung darzustellen, deren Auflösung aber sauer reagirt. Wird diese bis zum Sieden erhitzt, so trübt sie sich, wird aber beim Erkalten wieder hell. Der Theil

des Salzes, welcher vom Wasser nicht aufgenommen wird, bildet eine basische Verbindung, die aber durch Zusatz von ein wenig Schwefelsäure oder auch Chlorwasserstoffsäure wieder auflöslich gemacht werden kann, wenn man den Rückstand damit erwärmt und das Ganze dann in der Kälte stehen läfst.

Wird das schwefelsaure Salz sehr stark geglüht, so zersetzt es sich vollständig. Das zurückbleibende Donaroxyd besitzt nun eine röthlich gelbe Farbe und behält diese auch nach dem Erkalten. Der geglühte Rückstand wurde mit kohlensaurem Natron längere Zeit ausgekocht, die abfiltrirte Flüssigkeit sauer gemacht und auf Schwefelsäure untersucht, welche sich, wie gesagt, nicht darin fand.

Die Auflösung des als neutral angenommenen schwefelsauren Salzes trübt sich beim Kochen, und wird beim Erkalten wieder klar. Die Erscheinung kann in einem verstärkten Grade hervorgebracht werden, wenn eine Auflösung von einiger Concentration mit irgend einer anderen Säure, oder auch mit Schwefelsäure selbst, versetzt und bis zum Sieden gebracht wird. Es entsteht dabei ein dicker, voluminöser Niederschlag von weifser Farbe, der vielleicht aus der ganzen Menge des aufgelöst gewesenen Salzes besteht. Bleibt die Masse stehen, so vermindert sich die Ausscheidung mit der Abnahme der Temperatur bald und nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit wieder vollkommen klar. Wird sie darauf wiederum zum Sieden gebracht, so entsteht die Abscheidung von Neuem, diese aber, so wie die Wiederauflösung des Niederschlages in der Kälte, erfolgt jedoch nach und nach immer schwieriger und die Flüssigkeit mufs endlich mehre Stunden stehen bleiben oder mit einigen Tropfen Wasser versetzt werden, wenn sie wieder klar erscheinen soll.

Aus der quantitativen Untersuchung des schwefelsauren Salzes versuchte ich die Zusammensetzung des Oxydes und Atomgewichts der Masse zu berechnen. Es kann aber diese Berechnung bis jetzt nur ein unsicheres Resultat liefern, da aus Mangel an Material mit den einzelnen schwe-

felsauren Salzen nicht Versuche genug vorgenommen werden konnten, um ihre Zusammensetzung mit Sicherheit zu constatiren, und wie gesagt, vollkommen auskrystallisirte Verbindungen sich nicht darstellen liefsen. Je höher die Temperatur ist, welche auf die schwefelsauren Salze einwirkt, um so mehr Wasser und Schwefelsäure wird ausgetrieben, und leicht kann die neutrale Verbindung mit mehr oder weniger von einer basischen verunreinigt seyn. Das Salz, welches ich zur Ausführung dieser Untersuchung verwendete, war durch Auflösung des Hydrats in Schwefelsäure bereitet. Die Auflösung wurde abgedampft, bis sich keine Spur von Dämpfen mehr entwickelte und nachher noch lange Zeit in dieser hohen Temperatur gelassen, darauf mit Wasser behandelt, wobei ein Rückstand hinterblieb, welcher von der Auflösung durch Filtration getrennt wurde. Die Auflösung des als neutral angenommenen Salzes wurde nun eingedampft und lange Zeit einer Temperatur von 110° ausgesetzt. Es bestand aus:

Schwefelsäure	31,236
Donaroxyd	47,734
Wasser	21,030
	100,000.

Wird angenommen, dafs der Sauerstoffgehalt der Schwefelsäure der Dreifache von dem des Oxydes sey, so würden in diesem sich 6,24 Theile desselben finden, was bei der Annahme, dafs das Oxyd $= \ddot{\dot{R}}$ sey, als Atomgewicht für das Metall 997,4 und für das Oxyd 2294,8 geben würde, oder 100 Oxyd enthalten 13,072 Sauerstoff[1]).

Die Annahme für $\ddot{\dot{R}}$ scheint mir durch das ganze Verhalten des Oxydes gegen die Reagentien gerechtfertigt; es bildet eine schwache Basis, die in ihren Verbindungen die gröfste Analogie mit Eisenoxyd- und Thonerdesalzen zeigt. Die geringe Abweichung, welche die oben angegebenen Resultate der Analyse mit den durch Rechnung erhaltenen zeigte,

1) Auch in diesen Zahlen liegt eine zu beachtende Beziehung zu denen der Zirkonerde.

wenn die genannte Zahl als das Atomgewicht angenommen wird, dürfte ihren Grund leicht in der Beschaffenheit des untersuchten schwefelsauren Salzes haben. Die Zahl liegt der Wahrheit in jedem Falle aber sehr nahe.

In dem untersuchten Salze ist das Sauerstoffverhältnifs im Wasser und in der Säure gleich. Die Menge jenes würde 6 Atome betragen. Uebrigens ist das Wasser nicht direct bestimmt worden, sondern konnte nur aus dem Gewichtsverluste berechnet werden; die Schwefelsäure wurde aus dem bei der Analyse erhaltenen schwefelsauren Baryt bestimmt, das Donaroxyd dagegen duch Ammoniak gefällt.

Das *salpetersaure* Salz bildet ebenfalls nur kleine sternförmige Krystalle von weifser Farbe, welche in der Luft Feuchtigkeit anziehen und in Wasser sich sehr leicht auflösen. Die Auflösung reagirt sauer, und hat einen widerlichen Metallgeschmack. Durch Wärme wird das Salz schnell zersetzt und hinterläfst rothes Oxyd.

Sehr wahrscheinlich scheint es mir, dafs ein *kohlensaures Salz* nicht besteht. Wird die Auflösung des Oxydes mit ein wenig kohlensaurem Kali versetzt, so entsteht ein weifser Niederschlag, der abfiltrirt und getrocknet eine gelbliche Farbe annimmt. Erhitzt man ihn, so wird er roth und verliert seine Auflöslichkeit in Säuren; er verhält sich ganz wie reines Oxyd. Wird die weifse Masse an der Luft getrocknet und darauf mit Säuren angefeuchtet, so entsteht kein Aufbrausen, sondern nur einzelne Gasblasen entwickeln sich, wahrscheinlich von Spuren des zur Fällung benutzten Kalis, was sich so schwer von dem Niederschlage trennen läfst.

Das *kleesaure* Salz ist von blendend weifser Farbe, an der Luft vollkommen beständig und enthält Wasser in grofser Menge. Beim Erhitzen wird es zersetzt, indem es eine partielle Schmelzung erleidet und die hinterbliebene Masse verglimmt zu rothem Oxyde, welches bei Befeuchten mit Säuren keine Kohlensäure entwickelt. Chlorwasserstoffsäure greift den Rückstand kaum an, dagegen concentrirte

Schwefelsäure sehr leicht und die Auflösung in Wasser zeigt das eben angeführte Verhalten gegen die Reagentien.

Wird das scharf getrocknete Oxydhydrat durch *Chlorwasserstoffsäure* zerlegt, was leicht und ohne Chlorentwicklung geschieht, so erhält man eine bräunlichgelbe Flüssigkeit, welche, wie bemerkt, in der Kälte fast farbenlos wird. Nach dem Eindampfen bleibt ein wasserhaltiges Chlorid zurück von dunkelgelber ins Bräunliche gehende Farbe, welches mir nicht gelingen wollte, krystallisirt zu erhalten. Es hat nach vollständigem Eintrocknen das Ansehen eines Firnifs, zieht aus der Luft Feuchtigkeit an, zerfliefst aber nicht. Wird es längere Zeit bei etwa 150° ausgetrocknet, so zerfällt es in Schuppen von citronengelber Farbe; bei höherer Temperatur wird es aber wieder heller. Mit Wasser übergossen, löst sich die Chlorverbindung leicht und vollständig auf, und die Auflösung reagirt sauer. Bei dem Befeuchten der trocknen Masse mit Wasser bilden sich zuerst kleine, weifse, warzenförmige Krystalle, welche aus einem Chlorür zu bestehen scheinen, welche aber durch einen gröfsern Zusatz von Wasser auch schnell gelöst werden. Das wasserhaltige Salz schmilzt bei der Temperatur noch nicht, wo das Glas erweicht und wurde fast gar nicht verflüchtigt. Die geglühte Chlorverbindung ist in Wasser unlöslich und wird selbst durch langes Digeriren mit Chlorwasserstoffsäure nur schwer gelöst.

IX. *Ueber den Orangit von A. Krantz in Bonn.*

Mit einer Mineraliensendung im Herbst 1850 aus Brewig erhielt ich unter mehreren zur Zeit noch ununtersuchten neuen Mineralien, auch eins mit der Bezeichnung: Varietät vom Wöhlerit; wenn nun auch diese Benennung, sowohl in Bezug auf das Vorkommen als auch in Betreff der Farben-Varietäten, in denen ich Wöhlerit an mehreren Stellen um Brewig selbst früher sammelte, und von denen eine bereits vom Autor des Wöhlerits unter dem Namen Enkolit (Pogg. Ann. LXXII. 561) getrennt wurde, sehr vieles für sich hätte, so liefs sich doch leicht erkennen, dafs es etwas Neues seyn müsse, und ersuchte ich demzufolge Hrn. Prof. Bergemann eine chemische Untersuchung damit vorzunehmen und als sich daraus herausstellte, dafs es weder Wöhlerit noch Enkolit sey, so erlaubte ich mir, es bereits als neues Mineral unter dem Namen Orangit, in Bezug auf seine Farbe, in den Handel zu bringen und in die Wissenschaft einzuführen.

Aus meiner vieljährigen Praxis wissend, wie zweckmäfsig es sey, einen Namen aufzustellen, der in möglichst vielen Sprachen jedermann so verständlich wird, um sogleich ohne weiterer Erläuterung das Mineral darnach zu erkennen, zumal ein grofser Theil der mit Mineralogie sich beschäftigenden Personen mit den älteren Sprachen nicht vertraut ist, veranlafste mich zur Gebung dieses Namens.

Der Orangit kommt in dem an interessanten Mineralien so reichen Langesundfjord bei Brewig in Norwegen bis jetzt nur als grofse Seltenheit vor, er ist daselbst meist in Feldspath eingewachsen und von Mosandrit, schwarzem Glimmer, Hornblende (Aeggrin), Thorit, Zirkon und der von Esmark, Erdmannit benannten Zirkon-Pseudomorphose begleitet; unter den sehr wenigen Exemplaren, die ich daher besitze, befinden sich zwei von besonderem Interesse, das Eine zeigt nämlich eine Parthie des Minerals mit splittri-

gem Bruche in nicht mehr ganz frischem Feldspath eingewachsen von Zirkon begleitet, ganz von einem Thorit-Saume umgeben, so dafs man leicht auf ein Uebergehen des Orangit in Thorit schliefsen könnte; das Andere ist eine Zirkon- (Erdmannit) Masse, mit einem kleinen eingewachsenen frischen Feldspath-Krystall, die äufsere etwa 1 Millimeter starke Rinde, mit glänzenden Krystallflächen, ist Zirkon, der Kern hingegen schwarzbrauner Erdmannit, in letzteren nun wieder ist eine etwa Haselnufs grofse Parthie von Orangit eingelagert, wiederum mit einer Thoriteinfassung umgeben; das Mineral zeigt hier einen vollkommen muschligen Bruch; aufser dem splittrigen und muschlichen Bruche, kommt das Mineral vorzugsweise blättrig, wie man es beim Wöhlerit zu sehen gewohnt ist, vor, und dieses Vorkommen war es, welches Hr. Prof. Bergemann untersuchte. — Exemplare, aus denen sich etwas über die Krystallform sagen liefse, sind zur Zeit noch nicht gefunden worden, es ist stets von schöner Orangenfarbe, durchscheinend bis durchsichtig, die Härte ist zwischen Flufsspath und Apatit, der Strich gelblichweifs, als spec. Gew. fand Bergemann 5,39. Bei der Varietät mit muschlichem Bruch fand ich 5,34.

Ich habe meinem vieljährigen Sammler in Brewig, dem ich eine Menge schöner Sachen von dorther schon verdanke, bereits beauftragt, eifrig noch mehre Exemplare dieses interessantesten der in den letzten Jahren gefundenen Mineralien zu suchen, und hoffe daher bald im Stande zu seyn, meine zahlreichen mineralogischen Freunde damit versehen zu können, sowohl für ihre Sammlungen, als auch zur Darstellung des darin von Hrn. Bergemann neu gefundenen und Donar benannten Stoffes.

X. *Ueber die Anzahl der Bilder eines leuchtenden Punktes zwischen zwei geneigten ebenen Spiegeln; von W. Gallenkamp in Wesel.*

Im zweiten Hefte des 82. Bandes dieser Annalen findet sich eine Abhandlung von Bertin, welche sich die Aufgabe stellt, das bisher ungelöst gebliebene Problem der geneigten Spiegel aufzulösen. Es ist in der That eine auffallende Erscheinung, dafs in den Werken von Herschel, Brewster, Radicke u. A. dieses einfache Problem besprochen, zum Theil weitläufig behandelt und doch keineswegs gelöst ist. Den Grund davon kann man wohl nur, wie es auch Bertin thut, in der geringen Bedeutung suchen, welche man jenem Probleme beigelegt hat; eben dieser Grund hat mich bisher abgehalten, eine schon vor mehreren Jahren durchgeführte Untersuchung dieses Gegenstandes zu veröffentlichen. Ich mache sie jetzt bekannt, weil durch die Bertin'sche Abhandlung das Problem zur Sprache gekommen und doch keineswegs vollständig gelöst ist.

Wenn zwei ebene Spiegel unter irgend einem Winkel zusammengestellt sind, so ist die Anzahl der durch sie erzeugten Bilder eines zwischen ihnen befindlichen leuchtenden Punktes L im Allgemeinen von der Gröfse des Winkels und von der Lage des Punktes zwischen den beiden Spiegeln abhängig. Bezeichnet man den Winkel der Spiegel mit $\varphi = \frac{\pi - \psi}{t}$ *oder* $\pi = t\varphi + \psi$ [1]), *wo* ψ *positiv und* $< \varphi$ *ist, so ist die Anzahl n der Bilder, den leuchtenden Punkt eingerechnet* =

$2t$ oder $= 2t+1$ oder $= 2t+2$ oder $= 2t+3$.

Für jeden besondern Werth des Winkels φ *finden nur zwei dieser Werthe statt, und zwar ist im Allgemeinen, wenn* $\psi < \frac{1}{2}\varphi$ *ist,* $n = 2t+1$ *oder* $= 2t+2$*; und wenn* $\psi > \frac{1}{2}\varphi$

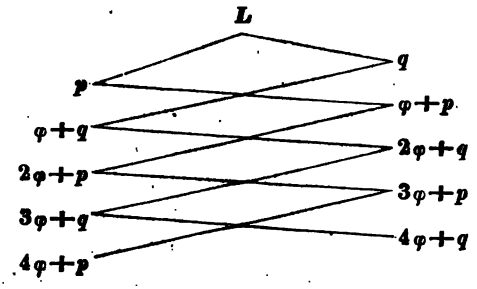
1) Es wird vorausgesetzt, dafs $\varphi < \pi$, da für den Fall $\varphi > \pi$ die Aufgabe gar keine Schwierigkeit darbietet.

ist, $n=2t+2$ *oder* $=2t+3$*; welcher der beiden Zahlen in jedem Falle die Anzahl der Bilder gleich ist, hängt in unten näher zu bestimmender Weise von der Lage des Punktes L ab. — In dem Gränzfalle, dafs* $\psi=0$ *ist, reducirt sich die Anzahl n der Bilder immer auf* $2t$*, und ist also von der Lage des Punktes zwischen den beiden Spiegeln unabhängig. In dem Gränzfalle* $\psi=\frac{1}{2}\varphi$ *ist* $n=2t+2$*, mit Ausnahme des einen Falles, dafs der Punkt L von beiden Spiegeln gleich weit entfernt ist, in welchem sich n auf* $2t+1$ *reducirt.*

Zur weiteren Ausführung und näheren Begründung dieser Behauptungen denke man sich durch den Punkt L eine Ebene senkrecht gegen die Durchschnittslinie der Spiegel gelegt, welche diese Durchschnittslinie im Punkte O und die Spiegel selbst in den Linien OA und OB schneidet. Von O aus ziehe man durch L einen Kreis in diese Ebene, da bekanntlich alle Bilder von L in diesem Kreise liegen müssen. Man ziehe OA_1 und OB_1 als Rückverlängerungen von OA und OB, so findet offenbar Weiterspiegelung eines jeden Bildes statt, welches in einem der Bogen AB_1 und BA_1 liegt; jedes Bild dagegen, welches in den Bogen A_1B_1 fällt, wird nicht weiter gespiegelt, da es auf den Rückseiten beider Spiegel liegt. Es kommt also zunächst darauf an, die Anzahl der Bilder zu bestimmen, welche in die Bogen AB_1 und BA_1 fallen; und dann die Anzahl der Bilder, welche dem Bogen A_1B_1 angehören; in den Bogen AB kann, wie leicht ersichtlich, kein zweites Bild fallen. (Siehe Fig. 6. Taf. III.)

Der Punkt L theile den Bogen φ in die beiden Theile $LA=p$ und $LB=q$; ohne der Allgemeinheit Eintrag zu thun, kann man annehmen, dafs p der kleinere der beiden Theile sey. Es sind dann die Entfernungen [1]) der Bilder

1) Unter Entfernung zweier Punkte der Kreislinie ist im Folgenden immer der zwischen ihnen liegende Kreisbogen verstanden.



Die Linien deuten den Gang der Spiegelung, die Art, wie die Bilder zusammengehören, an; die Reihen setzen sich offenbar so weit fort, als die in ihnen vorkommende Werthe $k\varphi+p$ und $k\varphi+q$ die Gröfse von $AB_1=BA_1=\pi-\varphi=(t-1)\varphi+\psi$ nicht übersteigen. Bei der Entscheidung hierüber handelt es sich vor Allem darum, ob $t-1$ gerade oder ungerade ist.

I. Es sey $t-1$ *gerade*. Trägt man von A aus nach B_1 hin den Bogen φ so oft ab, als es geht, also $t-1$ mal, und bezeichnet den Endpunkt des letzten Bogens mit a, so liegen in dem Bogen Aa $t-1$ Bilder; ebenso, wenn man von B aus nach A_1 hin den Bogen φ so oft es geht, also $t-1$ mal, abträgt, und den Endpunkt des letzten Bogens mit b bezeichnet, so liegen in dem Bogen Bb ebenfalls $t-1$ Bilder. Das letzte der in Aa liegenden Bilder hat von A die Entfernung $(t-2)\varphi+q$; das letzte der in Bb liegenden Bilder hat von B die Entfernung $(t-2)\varphi+p$. Um dieſs zu erkennen, hat man nur die oben aufgestellte Tabelle anzusehen und zu bedenken, daſs $t-2$ *ungerade* ist. Ob nun in den Bogen aB_1 und bA_1 noch Bilder liegen, hängt von der Gröfse des $\psi=aB_1=bA_1$ im Vergleich mit p und q ab.

1. Es sey $\psi<p$, so ist $AB_1<(t-1)\varphi+p$ und $BA_1<(t-1)\varphi+q$, folglich liegt weder in aB_1 noch in bA_1 ein Bild. Von dem letzten Bilde in AB_1 und dem letzten Bilde in BA_1 werden zwei in dem Bogen A_1B_1 liegende Bilder erzeugt, deren Entfernungen von B_1 und A_1 resp. $\varphi+\psi-q$ und $\varphi+\psi-p$ sind. Diese zwei Bilder

fallen in eins zusammen, wenn $(\varphi+\psi-q)+(\varphi+\psi-p)$ d. h. wenn $\varphi+2\psi=\varphi$ ist, folglich wenn $\psi=0$ ist. — Die Anzahl der Bilder ist also, den leuchtenden Punkt mit eingerechnet, $1+2(t-1)+2=2t+1$; nur wenn $\psi=0$ ist, reducirt sich diese Zahl auf $2t$.

2. Es sey $\psi>p$ und $<q$, so ist $AB_1>(t-1)\varphi+p$ und $BA_1<(t-1)\varphi+q$; folglich liegt in aB_1 ein Bild, welches von A die Entfernung $(t-1)\varphi+p$ hat; in bA_1 aber liegt kein Bild. Die beiden letzten Bilder im Bogen AB_1 erzeugen dann zwei Bilder im Bogen A_1B_1, deren Entfernungen von B_1 resp. $\psi-p$ und $\varphi+\psi-q$ sind, welche also wie in 1. zusammenfallen können; keins der Bilder im Bogen BA_1 erzeugt ein Bild im Bogen A_1B_1. — Die Anzahl der Bilder ist also $1+t+(t-1)+2=2t+2$. Dieselbe reducirt sich für $\psi=p$ auf $2t+1$, weil dann das letzte der Bilder des Bogens AB_1 mit dem ersten der Bilder des Bogens B_1A_1 im Punkte B_1 zusammenfällt.

3. Es sey $\psi>q$, so ist $AB_1>(t-1)\varphi+p$ und $BA_1>(t-1)\varphi+q$, mithin liegt sowohl im Bogen aB_1 als im Bogen bA_1 ein Bild. Diese zwei Bilder bringen im Bogen A_1B_1 zwei Bilder hervor, deren Entfernungen von B_1 und A_1 resp. $\psi-p$ und $\psi-q$ sind, welche also nie zusammenfallen können. — Die Anzahl der Bilder ist also $1+2t+2=2t+3$. Diese Zahl reducirt sich für $\psi=q$ auf $2t+2$, weil dann das letzte der Bilder im Bogen BA_1 mit dem ihm entsprechenden Bilde im Bogen A_1B_1 im Punkt A_1 zusammenfällt. — Wenn insbesondere $p=q$ und $\psi=p=q=\frac{1}{2}\varphi$ ist, so fallen sowohl im Punkt A_1 als im Punkte B_1 zwei entsprechende Bilder zusammen, so dafs in diesem Falle die Anzahl der getrennten Bilder $=2t+1$ ist.

II. Es sey $t-1$ *ungerade*. Trägt man wieder von A aus nach B_1 hin, und von B aus nach A_1 hin den Bogen φ so oft ab, als es geht, nämlich in jedem der beiden Bogen $t-1$ mal, so hat man wieder zwei Bogen Aa und Bb, in deren jedem $t-1$ Bilder liegen. Jetzt aber hat das letze der in Aa liegenden Bilder von A die Entfernung $(t-2)\varphi+p$; und das letzte der in Bb liegenden

Bilder von B die Entfernung $(t-2)\varphi+q$. Ob nun in den Bogen aB_1 und bA_1 noch Bilder liegen, hängt wieder von der Gröfse des ψ im Vergleich mit p und q ab.

1. Es sey $\psi<p$, so ist $AB_1<(t-1)\varphi+q$ und $BA_1<(t-1)\varphi+p$, folglich liegt weder in aB_1 noch in bA_1 ein Bild. Von dem letzten Bilde in AB_1 und von dem letzten Bilde in BA_1 werden in A_1B_1 zwei Bilder erzeugt, deren Entfernungen von B_1 und A_1 resp. $\varphi+\psi-p$ und $\varphi+\psi-q$ sind. Diese beiden Bilder fallen in eins zusammen, wenn $(\varphi+\psi-p)+(\varphi+\psi-q)$ d. h. wenn $\varphi+2\psi=\varphi$ ist, folglich wenn $\psi=0$ ist. — Die Anzahl der Bilder ist also $1+2(t-1)+2=2t+1$, und reducirt sich für $\psi=0$ auf $2t$.

2. Es sey $\psi>p$ und $<q$, so ist $AB_1<(t-1)\varphi+q$ und $BA_1>(t-1)\varphi+p$, folglich liegt in aB_1 kein Bild, in bA_1 dagegen liegt ein Bild, welches von A_1 die Entfernung $\varphi-p$ hat. Die beiden letzten Bilder im Bogen BA_1 erzeugen zwei Bilder im Bogen A_1B_1, deren Entfernungen von A_1 resp. $\psi-p$ und $\varphi+\psi-q$ sind, welche also nie zusammenfallen können; keins der Bilder im Bogen AB_1 bringt ein Bild im Bogen A_1B_1 hervor. — Die Anzahl der Bilder ist also $1+t-1+t+2=2t+2$. Sie reducirt sich für $\psi=p$ auf $2t+1$, weil dann das letzte der Bilder des Bogens BA_1 mit dem ersten der Bilder des Bogens A_1B_1 im Punkte A_1 zusammenfällt.

3. Es sey $\psi>q$, so ist $AB_1>(t-1)\varphi+q$ und $BA_1>(t-1)\varphi+p$, mithin liegt sowohl im Bogen aB_1 als im Bogen bA_1 ein Bild. Diese zwei Bilder bringen in A_1B_1 zwei Bilder hervor, deren Entfernungen von B_1 und A_1 resp. $\psi-q$ und $\psi-p$ sind, welche also nie zusammenfallen können. Die Anzahl der Bilder ist folglich $1+2t+2=2t+3$; sie reducirt sich für $\psi=q$ auf $2t+2$, weil dann das letzte der Bilder des Bogens AB_1 mit dem ihm entsprechenden Bilde des Bogens A_1B_1 im Punkte B_1 zusammenfällt. — Wenn insbesondere $p=q$ und $\psi=p=q=\frac{1}{2}\varphi$, so fallen sowohl im Punkte A_1 als im Punkte B_1 zwei

zwei entsprechende Bilder zusammen, so dafs in diesem Falle die Anzahl der getrennten Bilder $=2t+1$ ist.

Die Gesammtzahl der Bilder ist demnach unabhängig davon, ob $t-1$ gerade oder ungerade ist; nur die Art der Vertheilung ist dadurch bedingt. — Das Resumé dieser Entwicklungen ist bereits am Anfange gegeben, und es sind jetzt nur noch die näheren Bestimmungen zusammen zu fassen:

Theilt man den Winkel der beiden Spiegel durch zwei Ebenen, von welchen die eine mit dem einen Spiegel, die andere mit dem andern Spiegel den Winkel ψ bildet, in drei Theile, so kann man die drei Winkel in zwei äufsere und einen mittleren unterscheiden. Liegt der leuchtende Punkt in einem der äufseren Winkel, so ist die Anzahl der Bilder $=2t+2$; liegt er in dem mittleren Winkel, so ist sie $=2t+1$, wenn $\psi<\frac{1}{2}\varphi$; und $=2t+3$, wenn $\psi>\frac{1}{2}\varphi$; liegt er auf der Gränze zwischen einem äufseren und dem mittleren Winkel, so ist die Anzahl der getrennten Bilder $=2t+1$, wenn $\psi<\frac{1}{2}\varphi$, und $=2t+2$, wenn $\psi>\frac{1}{2}\varphi$.

Für die Gränzfälle, dafs $\psi=\frac{1}{2}\varphi$ oder $\psi=0$ ist, d. h. dafs der mittlere, oder die äufseren Winkel verschwinden, sind die betreffenden Zahlen schon im Anfange angegeben.

XI. *Beobachtungen von Irrlichtern; von Dr. J. G. Galle.*

Da noch in einzelnen meteorologischen Schriften an der Erscheinung der Irrlichter gezweifelt wird oder wenigstens vervielfältigte Beobachtungen gewünscht werden, so dürften die nachfolgenden Wahrnehmungen darüber eine Erwähnung verdienen. Hr. Stud. Vogel aus Leipzig, der sich gegenwärtig hier mit Astronomie beschäftigt, erzählte mir gelegentlich, dafs er Irrlichter zweimal gesehen habe, und

theilte mir auf meinen Wunsch die genaueren Angaben darüber mit, in denen er sagt:

»Zuerst sah ich Irrlichter in der sächsischen Lausitz, als ich an einem dunkeln, regnichten, mondlosen Abend des September 1849 mit zwei Freunden von Kamenz nach Königsbrück fuhr. Es waren etwa 100 Schritt vom Wege Teiche mit sumpfigen Ufern, an denen sich eine Menge jener kleinen Flämmchen zeigten. Alle Bewohner von Kamenz, die ich darum befrug, erklärten die Erscheinung für sehr gewöhnlich und hatten sie häufig an dieser Stelle gesehen. — Im November desselben Jahres ward ich darauf aufmerksam gemacht, dafs sich vor dem Tauchaer Thore bei Leipzig Irrlichter in Menge sehen liefsen. Es war ein ziemlich kalter, heller Abend, an dem ich hinausging. Die Wiese, auf der die Irrlichter sich zeigen sollten, war klein, feucht und erst in neuerer Zeit mit Gräben durchzogen. Auf der einen Seite begränzte sie ein Damm und Graben der Leipzig-Dresdener Eisenbahn, auf der andern eine Bretterwand, welche die äufsern Stadttheile von Leipzig einschliefst, und vor der ein schlammiger Graben war, der die Unreinigkeiten der zunächst liegenden Strafse ableitete. Nach einigem Verweilen bemerkte ich im Eisenbahngraben ein schwaches Leuchten und sah ein kleines Flämmchen, etwa so hell wie Dämpfe, die ein schwach geriebenes Phosphorhölzchen ausstöfst, und diesen sehr ähnlich, aufflammen, sogleich wieder verschwinden, und nach etwa 3 Sekunden *an derselben Stelle* wiederkommen und eben so rasch verlöschen. Ich beobachtete dasselbe *in unmittelbarer Nähe* mehrere Minuten, ohne dafs ich einen besondern Geruch bemerkt hätte. Rauch habe ich dabei ebenfalls nicht bemerkt. Der Graben war nicht mit Wasser gefüllt, sondern nur schlammig. Das Flämmchen leuchtete etwa 3 Zoll über dem schlammigen Boden und war etwa 1 Zoll hoch. Die Erscheinung glich vollkommen der, die ich bei Kamenz gesehen. Nur waren dort die Lichtchen viel zahlreicher, so dafs es fast das Ansehen hatte, als schiene der Mond auf bewegtes Wasser. Ein *Forthüpfen* habe ich nie

bemerkt, indefs hatte es, wenn ein Flämmchen erlosch und ein anderes an einer anderen Stelle erschien, das Ansehen, als ob sie sich bewegten. Der in der Nähe obiger Wiese stationirte Eisenbahnwärter erzählte mir von der Menge Johanniswürmchen, welche so spät noch die Wiese bedeckten. Ein Zufall verhinderte an jenem Abend weitere Beobachtungen, am Tage darauf trat Frost ein.«

Hr. Vogel bemerkt sodann noch, dafs die Irrlichtflammen dem sich selbst entzündeten Phosphorwasserstoff, sowie auch der angezündeten sogenannten Sumpfluft, *nicht* ähnlich waren. Aufser an den genannten beiden Orten habe er auf Reisen fast überall, wo sumpfige Wiesen waren, die Irrlichter, auch von gebildeten Leuten, als eine ganz ausgemachte Sache und gewöhnliche Erscheinung bezeichnen hören.

Völlig bestimmt und unzweideutig ist die Beobachtung von Bessel (Ann. Bd. 44, S. 366) und mit dem Obigen nahe übereinkommend. Etwas verschiedenartiger sind die Beobachtungen Ann. Bd. 51, S. 173 und Bd. 56, S. 350; doch mag die Quantität der entwickelten Gasart unter verschiedenen Umständen sehr verschieden seyn, und es mögen Helligkeit, Wärme, Rauch und Geruch bei gröfseren Quantitäten bemerkbar werden, während dieselbe bei kleineren Quantitäten zu fehlen scheinen. Wegen der Lichtschwäche der Flämmchen könnte man die Irrlichter für blofs phosphorescirende Gase halten, wenn nicht bei der Beobachtung Ann. Bd. 56, S. 350 der Versuch des Anzündens von Werg an demselben berichtet würde, so dafs wenigstens bei den gröfseren Flammen eine wirkliche Verbrennung stattzufinden scheint.

Berlin, den 2. April 1851.

XII. *Beschreibung einer Lochsirene für gleichzeitige Erregung mehrerer Töne; von H. W. Dove.*

Bekanntlich hat Opelt das Princip der Savart'schen Radsirene, vermittelst mehrerer auf derselben Drehungsaxe befindlicher Räder mit verschiedener Anzahl Zähne Töne hervorzubringen, die in einem bestimmten Höhenverhältnifs zu einander stehen, auf die Lochsirene übertragen, indem er eine Pappscheibe durch verschiedene concentrische Löcherreihen durchbohrte und gegen dieselbe vermittelst eines Röhrchens blies. Seebeck hat diese Sirene verbessert und die Möglichkeit sie von beiden Seiten anzublasen, bei akustischen Untersuchungen mit Erfolg benutzt. Für gewöhnliche Versuche, wo diese Bedingung des Anblasens von beiden Seiten nicht verlangt wird, hat diese Sirene jedoch den Nachtheil, dafs die durch sie hervorgebrachten Töne äufserst schwach sind; auch ist das gleichmäfsige Anblasen der verschiedenen Lochreihen nach einander zwar nicht schwierig, gleichzeitig aber nur mit verschieden geformten Röhren ausführbar. Ich habe daher die Opelt'sche Einrichtung auf eine Lochsirene gewöhnlicher Construction übertragen. Der in Fig. 7. 8. 9. Taf. III. gezeichnete Apparat ist von dem geschickten Mechanikus Sauerwald in Berlin ausgeführt und giebt die Töne des Dreiklangs und der höhern Octave in ausgezeichneter Fülle und Reinheit, sehr schön auch die aus ihrem Zusammenklingen entstehenden Tartini'schen Töne. Aehnliche Apparate mögen von Anderen schon früher ausgeführt seyn; so viel ich weifs sind sie aber nirgends beschrieben.

Fig. 7. Taf. III. ist die Ansicht des ganzen Apparats oben mit dem durch eine Glasplatte sichtbaren Zähler, dessen Auslösung auf gewöhnliche Weise durch einen Seitendruck geschieht; Fig. 8 zeigt die Deckplatte des cylindrischen Lichtbehälters von diesem aus gesehen, Fig. 9 die Seitenansicht desselben.

Die Deckplatte besteht aus drei auf gleiche Weise durch Lochreihen durchbohrten über einander gelegten Platten, nur mit dem Unterschiede, dafs die Neigung der Seitenflächen der schief gerichteten Löcher in den untern beiden Platten nach derselben Seite gerichtet ist, auf der obern nach der entgegengesetzten, damit der austretende Luftstrom die drehbare Scheibe stärker forttreibt. Die mittlere Platte *ih* bildet den festen Deckel des Cylinders, die obere Platte die durch den Luftstrom drehbare Scheibe *gf*, deren Rand *f* nach oben einen dickern Ring bildet. Die unterste Scheibe besteht aus vier concentrischen Ringen, welche vermittelst eines Falzes übereinander greifen und bei dem Drehen vermittelst der vollen Kreisscheibe in ihrer Mitte (Fig. 8) und des festen äufsern Randes in ihrer Ebene erhalten werden. An diesen vier concentrischen Kreisringen sind Stifte befestigt, welche, durch die cylindrische Wand des Deckels hindurchgehend, bei *a*, *b*, *c*, *d*, in Knöpfchen enden. Werden diese Knöpfchen nicht berührt, so wirken die ihre äufsern hervorragenden Enden umgebenden Federn so, dafs sie die Stifte nach Aufsen treiben, die aber, weil sie inwendig einen nach unten vorragenden Anschlag haben, nur bis zu einer bestimmten Weite herausgedrückt werden. In dieser Stellung treffen die Löcher der vier concentrischen Ringe auf die vollen Zwischenräume der festen Deckplatte *ih*; die Luft der Windlade kann also aus dem verschlossenen Cylinder nicht ausströmen. Drückt man aber auf eins der Knöpfchen, so verschiebt sich der am Stifte befestigte Ring in dem Moment, wo die Windungen der Federn einander berühren, so weit, dafs seine Oeffnungen nun den Oeffnungen der festen Deckplatte entsprechen; die Luft kann also ausströmen. Durch gleichzeitiges Andrücken mehrer oder aller Knöpfe erhält man das Zusammenklingen der Töne.

Die Anzahl der Löcher ist 8, 10, 12, 20, der Durchmesser der drehbaren Scheibe 3 Zoll Fr., die Höhe des cylindrischen Gefäfses $1\frac{1}{2}$ Zoll, die Höhe der Drehaxe mit den Endschrauben 5 Zoll. Der Preis des Apparates ohne

Zähler ist 20 Thlr., mit demselben 32 Thlr.; der mit einem gewöhnlichen Strom 25 Thlr.

XIII. *Ueber eine merkwürdige Blitz-Erscheinung; von Hrn. J. P. Joule in Manchester*[1]).

Am 16. Juli d. J. (1850) um 4 Uhr Nachmittags, nach einem sehr schwülen Morgen, wurde unsere Stadt und Umgebung von einem Gewitter mit heftigem Regen heimgesucht. Am Abend desselben Tages, um 9 Uhr, hatten wir das Schauspiel höchst prachtvoller elektrischer Entladungen, welche unausgesetzt fast eine Stunde lang anhielten, aber nur von wenig Regentropfen begleitet waren. Niemals habe ich Blitze von so aufserordentlichem Charakter gesehen. Jede Entladung schien von einer Wolkenmasse in Südwesten auszugehen und durchlief in Richtung des Beobachters eine Strecke von 6 bis 10 engl. Meilen; dabei theilten sich die Blitze in ein halbes Dutzend und mehr Funken oder zickzackförmiger Lichtstreifen, die zuweilen an ihren Enden wiederum in eine Anzahl kleinerer Funken zerstiebten, wie es in Fig. 7 Taf. II. angegeben ist. Ich konnte nicht beobachten, dafs irgend eine dieser Entladungen den Erdboden erreichte; und aus der Zeit, die zwischen dem Erscheinen der das Zenit durchkreuzenden Blitze und dem Donner verstrich, glaube ich ihre Höhe über der Erde durchschnittlich auf wenigstens $3\frac{1}{2}$ engl. Meilen veranschlagen zu müssen.

Die divergirende Form entsprang ohne Zweifel aus der ausgedehnten negativen Oberfläche der Wolken; sie läfst sich in kleinem Maafsstabe nachahmen, wenn man eine Glasflasche mit Wasser füllt und als Leidner Flasche ge-

1) Aus dem *Phil. Magaz. Vol. XXXVII, p.* 127.

braucht. Wenn man eine solche Flasche dergestalt entladet, dafs man den einen Knopf des Entladers an die äufsere Glasfläche, den andern auf die Wasserfläche setzt, so divergirt der elektrische Funke über die ganze Glasoberfläche (*glass surface*).

Ein anderer merkwürdiger Umstand bei jenen Blitzen war die *merkliche Zeit* ihres Laufes gegen den Beobachter. Die Haupt-Lichtstreifen waren immer erst gebildet, bevor die Funken divergirten; und nachdem sie gebildet worden, blieben sie eine wahrnehmbare Zeit stehen, bis das Ganze verschwand. Meine Brüder, Benjamin und John, welche die Blitze zwei (engl.) Meilen westlich von meinem Standpunkt beobachteten, sahen sie genau von gleichem Charakter; überdiefs war der Letztere, nebst mehren anderen Personen, Zeuge eines Phänomens, welches ich dem elektrischen Zustand der Atmosphäre zuschreibe und meines Wissens noch nicht beschrieben worden.

Um 8½ Uhr erschien unter den Wolken, die fast genau im Süden und etwa 30° über dem Horizonte standen, ein helles rothes Licht; es schien als wenn die Sonne hinter einer Wolke stände und deren Ränder stark erleuchtete; es warf auf die benachbarten Wolken ein glänzendes Licht. Es dauerte mit voller Beständigkeit etwa fünf Minuten und verschwand dann allmälig.

XIV. *Merkwürdiges Wind-Phänomen.*

Kapitain Bonnet, Commandant des Schiffes Le Lion, erlebte vorigen Jahres auf seiner Fahrt von Bordeaux nach Buenos-Ayres, an der Mündung des Rio de la Plata folgendes merkwürdiges Phänomen. Während auf dem Verdeck und in den unteren Regionen der Masten eine voll-

kommene Windstille herrschte, blieſs oben in den Bramstengen eine starke (*jolie*) Brise, so daſs man genöthigt war deren Fortsätze abzunehmen (*serrer les cacatois*) um sie nicht durch die Heftigkeit des Windes zu verlieren. Der Himmel, obwohl unbewölkt, war sehr dunstig, und am Horizont zeigte sich eine ungewöhnliche Kimmung. Das Meer war spiegelglatt, während sich in dem oberen Tauwerk das Pfeifen des Windes hören lieſs. Dieſs merkwürdige Phänomen dauerte vom 10. bis zum 12. Juli, drei ganzer Tage lang. (*Compt. rend. T. XXXII, p.* 143.)

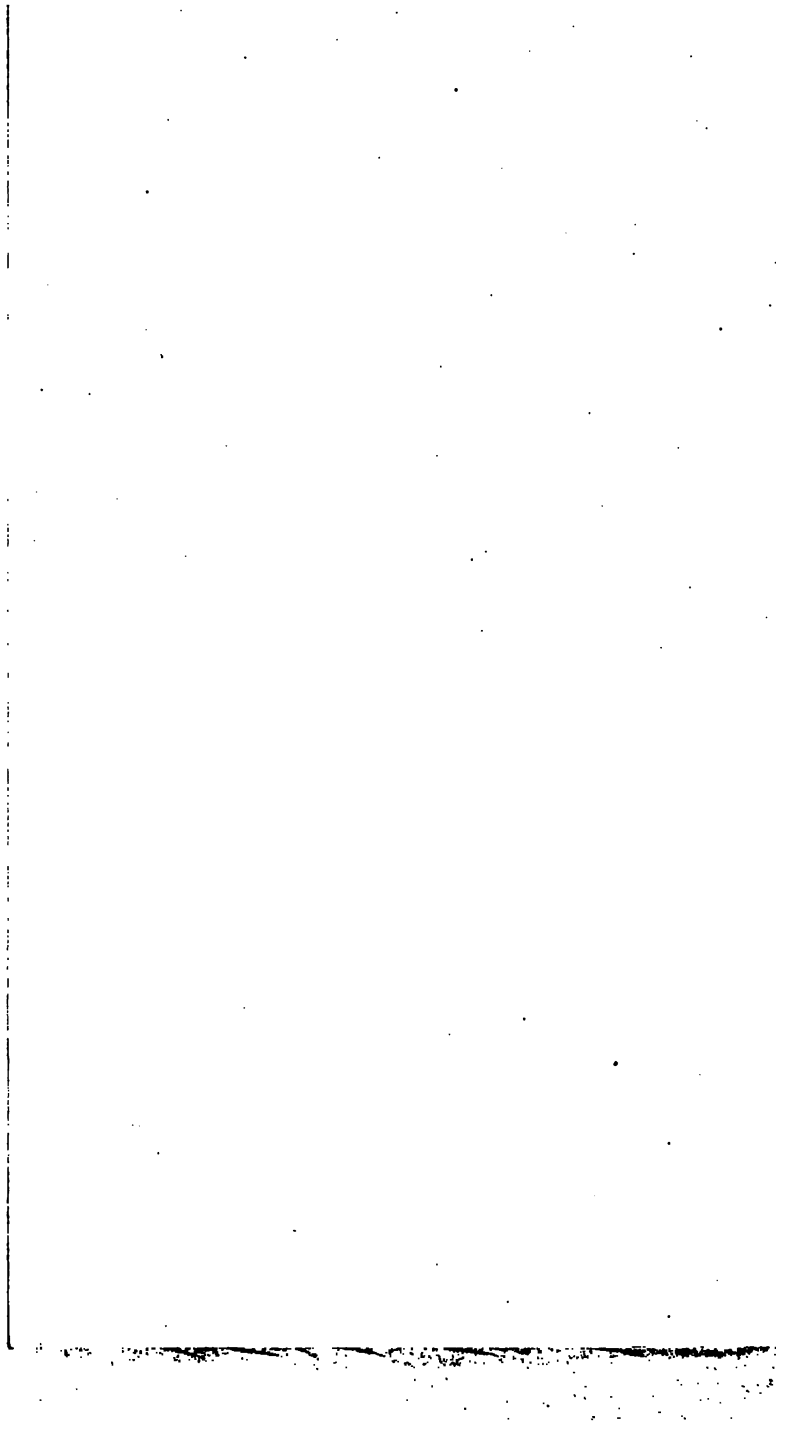
XV. *Feuerkugel von grünem Licht.*

Am 18. April 1850, Abends 10½ Uhr fuhr ich mit mehreren Personen von Cöthen nach Dessau. Wir sprachen eben über die Finsterniſs; da zeigte sich am nordwestlichen Himmel eine Feuerkugel. Sie bewegte sich, einen breiten, rothgelben Lichtschein verbreitend, in einer Parabel von N nach W sehr schnell gegen die Erde, stieg dann aber wieder ein Stück in die Höhe, ging auseinander und verschwand mit groſsem, schön *hellgrünem* Lichte, ähnlich dem, mit welchem die im Weingeist gelöste Borsäure brennt.

A. Lange.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

l
a



PHYSICS

530.5
A613
v. 82
18